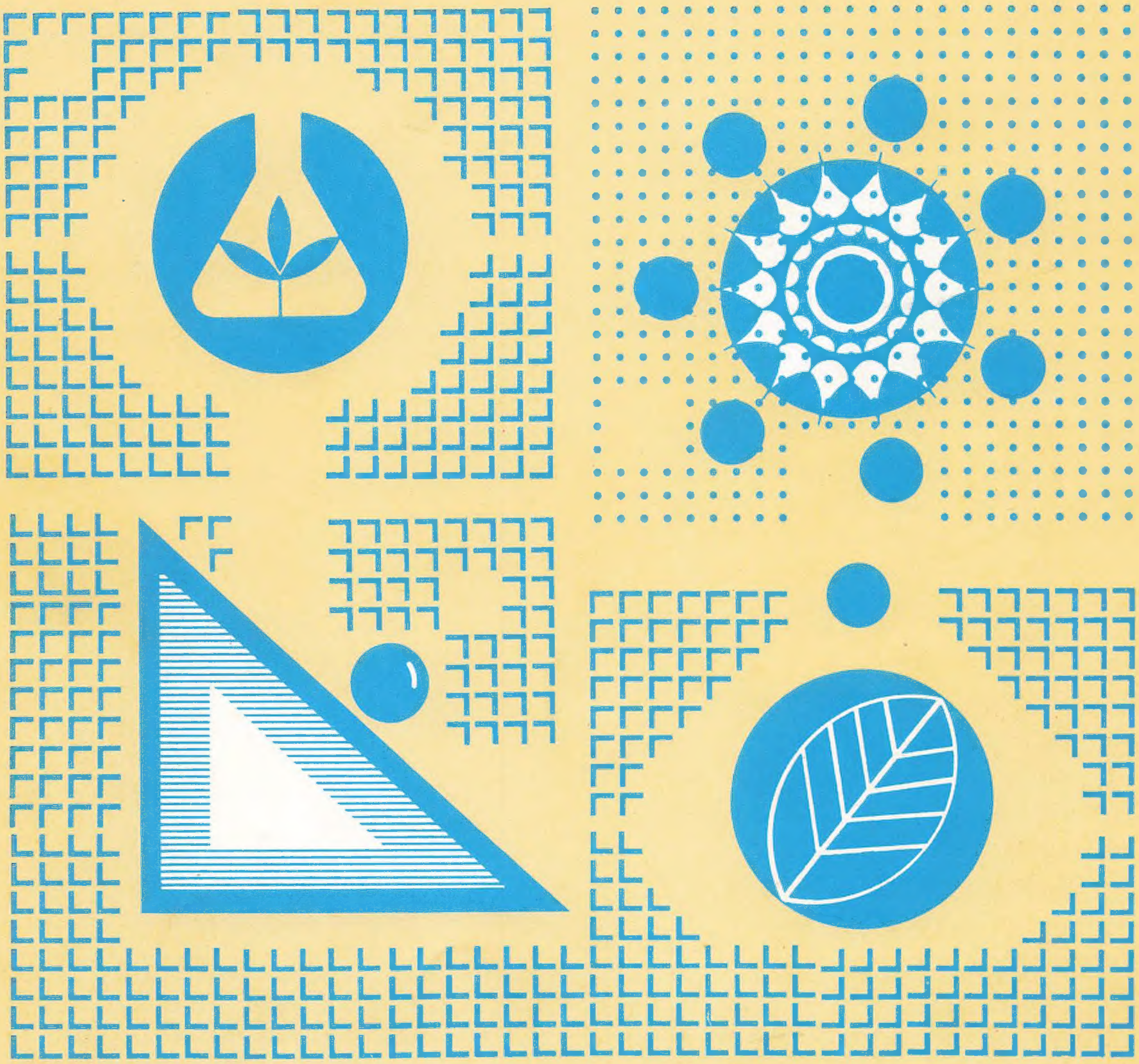
科學教育 月刊

184



國立臺灣師範大學科學教育中心發行
中華民國八十四年十一月出版

科學教育月刊

中華民國八十四年十一月出版（全年十期，七、八月休刊）

Science Education Monthly

No. 184 November 1995

編輯指導委員會委員：呂溪木（召集人）

王清波 毛連塭 李建興 吳英璋
吳清基 卓英豪 林來發 施 河
郭重吉 陳英豪 黃季仁 楊冠政
趙金祁 簡茂發 魏明通 藍順德

發 行 人：陳昭地
主　　編：彭育才
執行編輯：洪有情
編輯顧問：王執明 余健治 沈秀雄 林金盾
林海清 林淑貞 吳瑞謀 柳 賢
陳冒海 黃水利 湯志民 張宗仁
曾坤地 褚德三 鄒治華 楊榮祥
蔡志明 鄭湧涇 顏啓麟 蘇展政

編輯委員：毛松霖 王建都 史金燾 邱日盛
沈青嵩 李虎雄 李春生 李嘉淦
何榮桂 何嘉仁 林一鵬 洪志明
洪萬生 陳文典 黃長司 黃湘武
黃寶鈿 傅學海 劉謹輔 蕭次融

封面設計：陳秋瑾
助理編輯：陳洋珍 黃珮瑜

出 版 者：國立臺灣師範大學科學教育中心
地　　址：臺北市汀州路四段88號
電　　話：9316273
傳　　眞：9327187
印　　刷：昶光打字印刷有限公司
地　　址：臺北市長沙街二段56之1號4樓
電　　話：3317232·3117882
行政院新聞局出版事業登記證
局版臺誌字第一六〇一號
臺灣郵政管理局許可證北臺字第0525號

本刊經費來源：教育部、台灣省教育廳、台北市教育局、高雄市教育局

發行旨趣

一、本刊爲一綜合性刊物，其出版目的如下：
(1)促進科學教育學術研究。
(2)供應科學教育課程資料。
(3)報導政府科學教育資訊。
(4)介紹國內外科學教育現況。

二、本刊內容範圍包括**數學、物理、化學、生物、地球科學及資訊科學**。題材以補充中學科學課程與教材，提供教師教學資料爲主。

稿約

一、本刊竭誠歡迎各界惠賜符合發行旨趣之稿件，來稿請用白話文撰寫，並力求通俗易讀，文稿請勿超過壹萬字（特約稿不在此限）。

二、文稿請用有格稿紙繕寫清楚，幷加標點符號，並請注意下列事項：
(1)來稿請以中、英文註明“論文題目”、“作者眞實姓名”、“服務單位”、“職稱”等項。發表時用眞名或筆名，悉隨尊意。
(2)來稿若爲譯稿，請附原文及原作者同意函影本。
(3)所譯專有名詞，其不常見或初用者，須附註原文。
(4)附圖與註釋，請編列號碼，並在文中註明位置。
(5)請將參考文獻依作者姓氏排序：中、日文依筆劃多寡排列; 西文(英、法、德、…等)依字母順序排列; 若中、日、西文並列時，則先中、日文後西文。至於參考文獻之寫法，若爲a.期刊論文，可依下列次序書寫：
①作者②出版年③論文篇名④期刊名稱⑤卷期⑥頁數。
註：出版年位置較具彈性，可置篇名前、卷期前或頁碼後。
b.圖書單行本時，可依下列次序書寫：
①作者②書名③版次④出版地⑤出版社⑥頁數⑦出版年。
(6)附註請於文後，依出現前後次序編號排列。
(7)來稿設爲學術研究或原創性論文，請於稿末附以中、英文摘要及關鍵詞彙，以供編審及排印參考。

三、本刊對來稿有刪改權，如有不同意時，請在稿件上註明。如須退稿，請附書妥收件人地址之回郵信封。

四、來稿一經採用，奉致稿酬。一稿兩投，恕不致酬。

五、來稿刊出，版權爲本社所有。

六、作者見解，文責自負，不代表本社意見。

七、來稿請寄本中心科學教育月刊社收。

目　　錄

第184期　中華民國八十四年十一月

科教論著

從經驗證據和科學理論之間的關係來探討自然科實驗教學的意義……林陳涌 2

科學教室

細說犀牛……王輔羊 17

越了解地球科學你會越喜歡地球科學……黃芳男 22

評　量

從臺灣學生在馬里蘭州學校實作評量的表現看我國中小學生的作圖能力……鄭美雪、黃長司、黃萬居、朱玲玲 25

國際數理科奧林匹亞

1995 年第 36 屆國際數學奧林匹亞競賽試題解答評析（Ⅰ）……陳昭地、林哲雄、于靖、柳賢、朱亮儒、洪有情 35

1995 年第 26 屆國際物理奧林匹亞競賽試題參考答案（Ⅰ）……林明瑞 45

第 27 屆國際化學奧林匹亞競賽試題評析（Ⅱ）—理論筆試—……黃良平、陸大榮、蕭次融、張一知 56

疑難問題討論

物理科疑難問題解答……沈青嵩 65

科教活動報導

科教月刊編輯指導委員會會議紀錄……編輯室 67

主編的話……彭育才 64

從經驗證據和科學理論之間的關係來探討自然科實驗教學的意義

林陳涌
國立臺灣師範大學生物學系

收稿日期：民國 84 年 8 月 31 日，接受日期：民國 84 年 10 月 12 日

摘要：本文的主要目的將由探討實驗在科學理論或知識的獲得及驗證上的眞實功能及角色，釐清經驗證據和科學理論的眞實關係，進而勾畫出實驗課在自然科教學上適當的功能及角色。

在科學哲學探討上，歸納法及假設演繹法曾被視爲經典的科學方法，前者用於科學知識的獲得；後者用於科學知識的驗證。在科學教育實施上，兩者亦有重要的影響性。本文首先討論兩者在哲學上的謬誤與科學事業上的滯礙，進而說明其所宣稱的功能在科學教育上亦無法達成。再者，經由闡明後邏輯實證／經驗主義科學哲學思潮的發展，強調人的社會心理因素在科學知識發展的地位，科學理論的發展不再被認爲是對或錯的截然分野，而是妥協與取代；成長與衰退的辨證歷程。並提出這樣的轉變在科學教育上的應用。

最後，綜合提出良好的實驗教學的消極條件：勿企圖以歸納法來使學生發現科學知識，或企圖以經驗證據來證實或完全否證學生現存知識、破除實驗教學是最好的或唯一的科學教學的迷思、實驗技能學習的進行不能獨立於學科知識及情境之外、引用科學方法和科學態度時需十分的謹愼；及積極的條件：尊重並提供機會讓學生表現其現存知識的機會、實驗教學的設計及進行應顧及學生的現有概念，並鼓勵學生自行或共同設計實驗活動、實驗教學活動的目的不是爲了獲得經驗證據的，而是要學生進行討論及協商建構經驗證據的意義。

關鍵詞：實驗教學、科學哲學

壹、前　言

國民中小學的實驗課是自然科教學的一大特色，也是通常被視爲區分自然科和其它科目的主要指標。自然科教師和科學家也從不間斷的強調實驗在自然科教學和科學研究上的重要性，認爲實驗是教學和科學研究上的必需課題，因而長久以來鮮少有人質疑使用實驗課在自然科教學上的正當性，遑論更進一步探討實驗課在自然科教學上的意義及功能。

一般而言，自然科教師和學生常認爲實驗課在自然科教學上是不可或缺的。他們認爲經由實驗的安排，學生就能藉以獲得科學知識和藉以檢驗科學知識。這個觀念主要源自傳統哲學及一般人對科學的看法。此一看法，認爲實驗在科學的發現情境（ context of discovery ）和驗證情境（ context of justification ）均扮演著重要且關鍵的角色。也就是認爲科學理論或知識是經由累積大量的經驗證據（ empirical evidence）

就自然可得，經驗證據即實驗或感官觀察的結果，而科學理論或知識的驗證基本上也是直接查對科學理論和經驗證據是否吻合。在這兩個過程，經驗證據對科學理論擁有最高且最後的判決權。前述的觀點被毫不保留的轉移到自然科教學上，實驗課也被認爲在自然科教學上應享有同樣的功能及角色。本文的主要目的將經由探討實驗在科學理論或知識的獲得及檢驗上的眞實功能及角色，釐清經驗證據和科學理論的眞實關係，進而勾畫出實驗課在自然科教學上適當功能及角色。

在進入討論之前，經驗證據（ empirical evidence ），實驗（ experiment ），和觀察（ observation ） 等三個名詞需先加以界定。一般認爲實驗是指系統化的控制及改變某些變項以確使相對假說（ alternative hypothesis ）是否能被排除（DES，1988 ）。觀察是指對進行中的事件，不加以干預的記錄（ Harre， 1983 ）。經驗證據是指感覺器官對實驗或觀察事件的感受。然而實驗和觀察在科學實務活動的分野不是十分明確。同樣的，現行中小學教科書用「實驗課」一詞來統稱實驗，觀察，及其他科學活動，如此不僅易於混淆而且誤導「實驗」爲科學的唯一活動，事實上在科學實務上，尤其生物學及地球科學，進行觀察的頻率往往高於實驗，因此用實驗一詞描述整體科學活動不是很恰當的。本文建議教科書應以「實驗活動」、「科學活動」、「科學學習活動」、或「科學教學活動」來替代慣用的「實驗」或「實驗課」。

貳、邏輯實證／經驗論的主張及批判

對於如何獲得和檢驗知識這個問題的爭論，可溯自古希臘以來理性論 (Rationalism) 和經驗論（ Empiricism ）的競爭。理性論者一方面指出感官知覺不可盡信，另一方面強調唯有運用推理才能得到永久絕對的知識。相反的，經驗論者則認爲感官知覺才是獲得客觀知識的唯一途徑。理性論挾著柏拉圖及亞里士多德的權威宰制了歐洲的科學思潮直到十五、六世紀。之後，由於培根歸納法的提出和實驗科學的重大成就，經驗論逐漸在科學事業上取得正統。自十九世紀以來的實證化運動—經驗論的別支—將科學哲學的研究推到一個前所未有的高峰，然而後續的研究却使得二十世紀前葉科學哲學的主流—邏輯實驗論（ Logical positivism ）或邏輯經驗論（ Logical empiricism ）—遭遇非常嚴重的考驗。這個考驗主要是來自科學哲學研究法的重大轉變。邏輯實證／經驗論主張以邏輯爲主要研究方法，來分析和建構科學理論應然的內在抽象結構，新近科學哲學研究法則偏重科學史個案研究，來探討科學家或科學社群的實際科學活動。後者雖常被統稱爲歷史學派，其共同點主要是反對將科學視爲靜態的研究對象，然而事實上其

代表人物之間對科學哲學重要議題的看法存在著不可忽視的歧異性。

經驗論的基本立場主張知識起源於客觀的觀察，且經由歸納（ Induction ）和假設演繹（ Hypothetico-deduction ）便可保證知識的確實性（ Chalmers， 1982)。現行自然科實驗課教學就是反映此一立場，希望學生能從實驗課所顯示客觀的經驗證據中獲得科學知識—歸納法，或是希望藉由實驗課所顯示的經驗證據來證實或否證科學知識一假設演繹法。大部份的自然科教師也持有相似看法，認爲科學家做實驗的目的在於找出新的定律和建立理論及肯定現有理論的正確（許玫理，1992 ）。

歸納法是經驗論取代理性論的最大利器，然而也是自Hume 於1748 年發表《人類悟性的探索》一書以來成爲經驗論者最大的隱痛。歸納法不同於理性論的演繹法在於其結論不包含在其前提中。當由「到目前爲止所觀察到的烏鴉都是黑色的」推出「世上所有的烏鴉都是黑色的」時，不是「所有的烏鴉」都已被觀察到。所以可說歸納法中的結論是由前提擴展出來的，這樣雖然因此可以得到比較通則化的知識，但也冒著可能犯錯的危險。Hume 一一個嚴格的經驗論者—想用經驗事實來證明歸納法的使用是正當的，却發現只能用歸納法來證明歸納法。這種走馬燈式的循環證明是無法被Hume 本人及其他哲學家所接受，他只好痛苦的宣稱接受歸納法只是一種心理作用，不是哲學思辯所得。但這樣一來，由歸納法所獲得的知識就不能被視爲「眞知識」，只能「相信爲眞」。換句話說，我們只能「相信」明天太陽會升上來，不能說明天太陽一定會升上來。

科學知識變成只是信仰，當然不是經驗論者所樂見的。而近代哲學家從三個方向嘗試解決這個歸納法的缺失。首先，羅素（ Russell， 1912 ）坦承歸納法的原則是無法以經驗事實來證明，但他辯稱，接受歸納法的原則是根據無數的經驗事實所產生的本能信仰。他這種說法基本上和Hume 相距不遠。其次，Strawson （ 1952 ）提出有一先天的關聯存在於理性（ Rationality)和歸納法的原則之間，歸納法就是理性的同義詞所以歸納法是世上最根本的原則。因此只能用歸納法來證明其他方法是否合乎理性，而無其他更根本的原則來證明歸納法。如果這種說法要能被接受，Strawson 需提出更有力的證據或說詞來說明理性和歸納法原則之間有必然的關聯。最後，Salmon(1970) 採用Reichenbach的實用性證明（ Pragmatic vindication ）說明歸納法是建立可信賴知識的最佳方法，但是說歸納法是最佳方法並不能證明歸納法的使用是正當的。因此依 Salmon 的說法，歸納法所能得到的也只是眞正的信仰，不是眞正的知識。

退一步來說，哲學家曾企圖引用機率的概念，欲證明以歸納法所得的知識爲「可能爲眞」，但其證明方法仍然落入Hume 所質疑的循環證明（ Chalmers， 1982 ）。因

此以歸納法所得的知識不僅不能證明為「眞知識」，甚至連欲證明「可能為眞」都不可得。而引用機率本身又衍生出一個更嚴重的問題，因為任何觀察證據是有限數目的，而歸納通則化的企圖是無限數目的全稱陳述，以有限除以無限，機率必為零（張巨青，吳寅華，1994, P. 63）。

除了歸納法本身的哲學思辨困難外，科學哲學家更進一步懷疑能否實際上使用歸納法去獲得知識。Hempel（1966）認為這是不可能的。當使用歸納法去獲得知識時，為了避免降低科學知識的客觀性，首先，蒐集經驗證據時，不能有個人預存的立場。其次，在組織和分類經驗證據時，也不能有個人預存的架構。在這樣的嚴格條件下，研究者甚至無法知道應該蒐集那些或多少經驗證據，第一步驟已無法踏出或結束，更遑論進行組織和分類經驗證據。最後，欲由蒐集到的經驗證據去形成通則化的原則時，歸納法本身沒有一套機制方法可遵循。Hempel（1966）更進一步指出，由經驗證據形成理論需要有創造性的想像。科學的理論或假說並不是由經驗證據直接推論而出，而是經由研究者「創造」出來說明解釋經驗證據。物理學家愛因斯坦亦多次表示，由經驗證據到理論之間沒有一條合乎邏輯的路，這是一條經由直覺或創造的歷程。

至此，經由歸納法來獲得知識這個立場，無論在哲學上或在實際實行上均面臨無法克服的困難。Reichenbach（1938）認為科學發現的情境是屬於心理學的領域，不是哲學家應致力的範圍；而科學驗證的情境才是哲學家應該努力的範圍。之後，邏輯實證／經驗論者轉而全心致力於檢驗科學知識。檢驗科學知識通常可分為證實（verify）和否證（falsify）兩種觀點，而其方法主要還都是假設演繹法。用假設演繹法來證實科學知識，其推理型式如下：

H（受測假說）
I（起始狀況）
―――――――――
O（可觀察的預測）

也就是，用受測假說預測某件自然現象的發生或某種實驗結果，若事實觀察的結果的確符合預測時，則此受測假說就被證實；若事實觀察的結果不符合預測時，則此受測假說就被否證。主張前者的稱為證實主義；主張後者則為否證主義。

這個推理型式經常被認為經典的科學方法，然而邏輯上來講，經由假設演繹法來證實或否證科學知識是行不通的。當H、I和O均為眞時，這個推論可說是有效的演繹，但也只能講由「受測假說」到「可觀察的預測」這個推論有效，不能說由「可觀察的預測」到「受測假說」這個推論有效。由通則化法則（受測假說）推論到個例（可觀察的

預測)是一演繹推論;然而由個例(可觀察的預測)推論到通則化法則(受測假說)却是歸納推論。欲以歸納法來證明使用假設演繹法的證實檢驗,勢必面臨到前述有關歸納法的種種困難。因此用假設演繹法來證實科學知識,甚至只是確認(confirm) 科學知識,都是邏輯上行不通的。

否證主義不企求以正確的單稱陳述來證實全稱陳述,而以一個錯誤的單稱陳述來否證全稱陳述。這在邏輯上較證實主義有理,但仍有缺失,首先,遭遇到Duhem-Quine Thesis 的挑戰。Duhem-Quine thesis 認爲一假說要能預測某一事件,必需結和某些輔助假說。因此當事實觀察的結果不符合預測時,則很難確定到底是受測假說或是輔助假說有了錯誤。所以,經由假設演繹法來否證科學知識也是行不通的。其次,是心理問題。一般人,包括科學家,很難因經驗證據與其所相信或使用的學說不符,即放棄該學說,反而會以其它方式來保護該學說。十九世紀時,天文學家發現天王星繞太陽的運行軌道與牛頓力學預測不符,即提出可能另有一個星球影響天王星的運行,因此經由計算預測某個星球的存在,由此發現了海王星。否證主義雖然在邏輯上有理,但執行上有困難且不符合實際的科學。

参、邏輯實證/經驗論的基石與破滅

歸納法和假設演繹法要能進行,需預設有客觀的觀察存在;要有客觀的觀察存在,需要有一截然劃分的界線存在於理論和觀察之間。如此,經由觀察所蒐集到的經驗證據才能客觀的形成、證實、或否證科學理論。這條界線的存在是維繫著邏輯實證/經驗論霸業的主要命脈,有了這條界線客觀的觀察才能存在;客觀的觀察存在,歸納法和假設演繹法才能進行。歷來邏輯實證論者無不疲於奔命致力於維護此一界線的存在,最後這條截然分明的界線,還是被認爲無法維持且必需被放棄(Hempel, 1954)。如此,客觀觀察的存在就被存疑。

觀察不僅不是毫無己見的客觀,而且絕對是含有個人觀點及需求的主觀。首先,感官對於外來的刺激具有區別和選擇的功能。在長途巴士或火車上,車聲人聲非常吵雜,但吵不醒沉睡中的母親和其嬰兒,然而相對上聲量較小的嬰兒哭聲却很容易喚醒他的母親。這個例子很明顯的說明感官本身具有過濾的功能,主觀上不重要的刺激就被排除在外;只有有意義的訊息才會被接受加以處理。其次,感官對訊息的感受和詮釋往往會受到過去的經驗或預存的立場所左右。正如許多教育心理有關書本中,常轉載的老巫婆與少女圖,因觀察者不同觀點而「看出」不同的人物,有些人會看成醜陋的老巫婆,而有

的則會看成一位美麗的少女。很明顯的同樣的外在環境條件下，不同的觀察者觀察同一物件，不見得會得到相同的感官經驗。這正如Hanson（1958）所強調的，我們所看到的比我們的眼球所經驗的還要多。

Hanson指出觀察是「蘊涵理論」（Theory-laden）的。 當進行觀察時，不是單純的由眼睛攝入影像，且無誤的印在像白紙一樣的大腦，而是基於自己本身的現有的知識、信仰、經驗、和預期以詮釋所攝入的影像。也就是一切抵達意識的訊息將完全的被調整、組織、和詮釋。因此當在觀察老巫婆與少女圖時，人像由巫婆轉變成少女時，不是攝入眼睛的影像—感官證據—有所改變，而是觀察者本身內在參考架構發生了變化。

此外，觀察本身亦不是如經驗論者所認為的，被動的呈現經驗證據，而是一個主動的行為。被動且全面性的呈現經驗證據，在事實上是不可能也無意義的。當有人在實驗室告訴我「紀錄下你所觀察到的」。他的意思絕不是要我寫下「我正在寫報告，遠方的車聲是八十分貝，室溫二十六度，走廊有兩人走過，下午四點半固體變成液體，我肚子很餓……」，而是要我基於現有的知識去蒐集對現行實驗有意義的經驗證據（Popper，1968）。因此經驗證據是否有意義則端視個人的現有知識架構，吻合時則採用或接受，不合則忽視或拒絕。

機械論的心物二元論大概是理論和觀察有截然劃分界線的濫觴。笛卡爾以來的機械論將宇宙比喻成一個精準的機械。機械論傳予後人一個印象，就是自然世界的運行是依照其內在的定律，也就是自然律。人類的心智雖然無法影響自然律的存在與運行，然而却能客觀的探討發現存在宇宙中的自然律，並加以運用來駕御自然。所發現的自然律就是客觀且絕對的科學知識。人類對科學的信心受到牛頓力學的成功更為高漲。

機械論的心物二元論與牛頓物理學的偉大成就鋪設了傳統對科學的觀感。科學被視為累積經驗證據而得出科學知識，科學知識在確立後就具有普適性且如眞理般就不再更改了。也就是說自然律是決定性自然律（Determinant laws），可以用來指稱某一事件的必然發生。然而1919年愛因斯坦的廣義相對論比牛頓力學更成功的預測光偏折現象，粉碎了後者的眞理地位。同樣的也使人類質疑科學知識是永不改變的觀念。近代量子力學中自然律的本質已不是決定性的，而是統計性（Statistic laws）的。也就是只能預測次原子粒子運動方向和出現位置的機率，而無法必然的指稱其行動方向和位置。相對論和量子力學發展的啓示孕育了批判邏輯實證／經驗論的種子。這樣的歷史發展也對「科學是客觀的眞理」這一迷思一個嚴重的打擊。

邏輯實證／經驗論者堅持有一截然劃分的界線存在於理論和觀察之間以及客觀的科

學觀察的存在，進而宣稱客觀經驗證據本身足以決定科學理論的形成、檢驗、和取捨。前面引述的論辯已足以說明此觀點的誤謬，而近代物理學更加強了科學的理論和觀察的關係不是如此單向且直線的單純。近代物理學的發展展示了科學理論和觀察之間的複雜性，也給了「觀察是蘊涵理論的」此一觀點一個有力的例證，進而支持理論和觀察之間這條截然劃分的界線的不存在。量子力學中原子的波—粒二元性，讓使用波理論的科學家能夠找到波的證據；而讓使用粒子理論的科學家能夠找到粒子的證據。這樣理論和觀察的高度依存，促使Heisenberg懷疑科學家不是在研究大自然本身，而是在研究人類的大自然知識。因此，研究者與研究物，內在與外在，靈魂與肉體等的截然劃分是不足夠且有困難的。也就是說，當科學家一開始進行研究，就面臨到其個人所持有的主張，所信奉的學說理論，科學內在與外在證據等等因素的糾葛，截然劃分的理論／觀察界線與客觀的科學觀察便無法存在。

客觀觀察不存在，歸納法和假設演繹法便無以奠基。如此實驗在科學上所宣稱的功能便得不到支持。同樣的，在科學教育上應用歸納法和假設演繹法的實驗教學亦問題重重。

肆、邏輯實證／經驗論的教育應用及批判

歸納法的應用反映在自然科教學上，是風行一時的發現式學習法（Discovery learning）。此一學習法強調學生藉此能獲得第一手經驗，由此經驗而獲得科學知識；此一學習法又能避免教師直接灌輸教科書上的科學知識—第二手經驗—而導致學生機械式的記憶。其實施主要是讓學生直接觀察一組天然的或（教師）人爲安排的事件，紀錄下經驗證據，進而得出科學知識。發現式學習法的確可使學生心理上主動去追求第一手經驗，而不只是死背第二手經驗。然而由前述的科學哲學的觀點來看，客觀的觀察與由經驗證據推出科學知識兩者均是不可能的，如此發現式學習法似乎違反知識獲得的歷程；又由認知上來看，學生的現有知識各有不同，觀點亦大不相同，其所紀錄的、獲得的，恐將五花八門而不是教師所預期的，結果只是徒增科學教學的困擾（Millar,1989a)。因此引用歸納法觀念的實驗教學是無法達成其所宣稱的目標和功能的。

假設演繹法在自然科教學上的應用，主要是在於教師秉持著前述的誤謬，企圖以實驗或觀察所得的經驗證據來校正或改變學生有關科學的另有概念。學生的另有概念通常是他們經由日常生活直接或間接所得，另有概念通常歷經日常生活實際的挑戰而存留下來，學生對於他們的現有概念抱有很大的信心。學生的另有概念不一定吻合教科書上或

現行的科學知識，而當教師欲以經驗證據來校正或改變他們時。學生有時會形成兩套知識架構，一套用在日常生活，一套用在學校學習，涇渭分明，同時併存；有時學生會暫時接受不同於他個人的概念，但過一段時間後却恢復其另有概念（Osborne和Freyberg, 1985； Gauld， 1989 ）。畢竟對個人來講，其另有概念才是最可靠最安全的知識，而且非常根深蒂固難以因一時與經驗證據的不吻合而改變。這也顯示應用假設演繹法觀念的實驗教學也無法達成其所宣稱的目標和功能。

經常有以「實驗」一詞來代表整個科學活動及科學教育教學活動，這有很大不妥之處。並不是所有的科學活動都是實驗，而很多是「非實驗」的，如植物分類學，其主要活動應是觀察；如天文學，其主要活動也是觀察，而且甚至無法進行實驗，但沒有人能否定這兩門學科爲科學。因此用「實驗」一詞是不足以代表整個科學活動。在科學教育教學活動中，也用「實驗課」一詞來代表所有不是「正課」的教學活動，但事實上學生很少眞正從事「實驗」，即從事驗證某種科學結論或假設的活動，反而大多不是「實驗」，如國中生物教科書中的「實驗 1-2 ：水中的小生物」是觀察活動，「實驗 5-2 ：膝反射」是展示某科學知識。而眞正使用「對照組」和「實驗組」來驗證某種科學知識只是「實驗 6-1 ：魚釋出的氣體」，但這個實驗而只能說有酸性物質伴隨魚出現而存在，並無法如其所宣稱的「了解魚呼吸時所釋出的氣體是二氧化碳」，當然更談不上證實或否證某種科學知識。因此用「實驗課」一詞也是不足以代表整個科學教學活動。

Hodson（ 1988 ）將科學教學活動由窄至廣分爲實驗（ Experiments ），實驗室活動（ Laboratory Bench Work ），實務活動（ Practical Work ），及教學方法（ Teaching / Learning Methods ），並建議以「實務活動」代替「實驗」。本文雖贊同Hodson 的本義，但由於「實務活動」一詞在中文使用上不易顯示科學教育的特點，因此如前述，建議使用「實驗活動」、「科學活動」、「科學學習活動」或「科學教學活動」替代慣用而不實際的「實驗」或「實驗課」，而「實驗」則用在較合於嚴格定義的驗證活動。

實驗教學除了在哲學上有其宣稱，但不能達成的意義外，尙在教育學上也有其宣稱，但也不能達成的意義。一般認爲實驗教學除了增進科學知識的學習外，最令人樂道的是培養科學態度和科學方法。本文接受實驗教學能增進科學知識「學習」的說法，但應注意這不意謂，如前面批評的，實驗教學能讓學生「發現」或「檢驗」科學知識。然對後兩者，培養科學態度和科學方法，則須有進一步的討論。

如前所述，科學三、四百年來已強烈的吸引了大衆的注意與好感，一般很自然的把

一些正向形容詞加在科學上，如：誠實的、理性的、尊重證據的。這些整體上被稱爲「科學態度」，也經常被認爲科學教育的重要目標。然而詳細分析這些所謂的「科學態度」，應是人類從事各種工作或行業共同的優良特質，並不是只絕對限定在科學家或科學企業所獨有。Gauld（1973）認爲，強調這些態度爲「科學的」，無論由科學家的特質或科學本質來看均不合理的；而且若所有科學家都有這些共同特質，科學探究或思想可能流於「一言堂」，很可能科學的進步將受阻礙。他又認爲科學教育若過份高舉「科學態度」爲目標，反而易培養科學絕對主義，妨礙學生對其他學科的尊重。

培養學生科學方法也是一般認爲實驗教學的重要目標。然而有三個問題需要澄清，何謂科學方法？科學方法有遷移性嗎？科學方法能教嗎？如果沒有適當的答案，科學方法將如同科學態度一樣只是虛幻不實際的。所謂科學方法，傳統上認爲是歸納法和假設演繹法，此兩種方法已在前面有了詳細的分析，毋需重覆。然而必需提醒的是，存在（僅有）一套衆所認同的、可信賴的、可憑之客觀的科學方法，這個說法不能表現出實際科學事業的複雜性，是爲許多哲學家（如：Koyre和Kuhn）所反對的（Schuster和Yeo, 1986）。更引人注目的是Feyerabend（1988）在其名著“Against Method”反對主張普遍性標準的一元主義方法論。他認爲一切科學方法都有特定的適用情境，眞正能獲得進步的原則是“Anything goes”（什麼都行），也就是只要能推動科學發展的方法就是科學方法。

科學方法在學校科學教育中，通常被指爲一套具有高度遷移性的科學過程技能。科學過程技能通常是指觀察、分類、提出假說、實驗、預測等。一般認爲學生一旦學會這些科學過程技能後，便能由其原學習環境或領域，遷移應用到其它類似或不相關的情境。但Millar和Driver（1987）認爲遷移只發生在水平橫向領域，不是靠學到高度通則化的原則就能應用到其它領域。Hodson（1992）認爲既然觀察是「蘊涵理論」，則其他科學過程技能便不可能離開其原有情境而抽象獨立出來。事實上，生物科實驗教學並不是在教抽象的科學過程技能，而是教生物過程技能，也就是在生物科學的情境（context）教含有生物科學內容（content）的生物過程技能。

最後，純粹的科學過程技能，如：觀察、分類、提出假說、實驗、預測等，是否能教也是一大問題。一般在教科學知識時，教師常把一知識概念分爲較簡單及較複雜，而先教簡單後教複雜，或者以較簡單者來說明較複雜的知識概念。但在教科學過程技能時，實在無法區分甚麼是較簡單的觀察，甚麼是較複雜的觀察，或者甚麼是較簡單的預測，甚麼是較複雜的預測（Millar和Driver, 1987）。因此若無學科內容知識的加入，

純粹的過程技能是無法教授，甚至是無意義的。

在此先就本文的實驗教學理念做一整理。首先，基於歸納法及假設演繹法，以實驗教學為主體的科學教學有其哲學及實施上的困難，也就是企圖要學生以歸納法來發現科學知識，或以實驗或觀察的經驗證據來證實課本知識或否證學生的現存知識是不可能的。第二、實驗教學是科學教學方法中的一種，不是唯一的一種，科學教師應破除只有實驗教學才是好的科學教學的迷思。第三、實驗教學的進行不能獨立於科學知識情境之外。第四、經常附著在實驗教學的科學態度和科學方法是不切實際的，教師應謹慎引用這兩者，以免造成學生認為科學課或科學本身比其它學科優越的不適當觀念。本文認為一個好的實驗教學應認識到這四點，而這四點只是好的實驗教學的消極條件，以下將進一步探討好的實驗教學的積極條件。

伍、後邏輯實證／經驗思潮的發展與科教應用

過去三十多年來，科學哲學家採用歷史研究法展現出和邏輯實證／經驗論截然不同的科學面貌。科學理論不再被視為由獨立的單元所累積組成，且每個單元也不再被視為可單獨的由資料證據歸納形成，或可藉由假設演繹來驗證和取捨。相反的，科學理論被看成一整體的結構體，其組成單元之間環環相扣相互支持（Chalmers, 1982）。一旦某一科學理論被接受，很少會因為實證的困難就被捨棄（Kuhn, 1970; Lakatos, 1978）。由觀察或實驗所得的經驗證據不再像邏輯實證／經驗論所認為的那麼關鍵重要，而成為素材供研究者依其個人知識來評估取捨。雖然Lakatos（1978）堅持關鍵實驗（Crucial experiment）仍然可決定性的否證科學理論，但Pinch（1985）基於對太陽微中子有關的科學歷史個案研究，認為關鍵實驗不是在考驗科學理論而是在考驗科學家本人。他更進一步宣稱科學檢驗事實上不是有關邏輯的事，而是一件有關社會慣例的事。

事實上科學理論遭遇實證的困難是常有的，然而欲捨棄一個科學理論單有實證的困難是不夠的，重要的是需先有一對等的新理論存在（Kuhn, 1970）。而在比較兩個競爭理論，由觀察或實驗所得的經驗證據更也成為素材供科學社群來評估取捨。科學社群所接受的科學理論，在Kuhn稱典範（Paradigm）在Lakatos稱研究綱領（Research Programme），更是被用來指導實驗的計劃和實施，以及判定和付予由觀察或實驗所得經驗證據的意義。因此經由新近科學哲學的研究，科學理論和經驗證據之間的關係，已不似邏輯實證／經驗論者所認為的，單純的由經驗證據決定科學理論。

理論的形成和取捨還需考慮個人的現有知識及其科學社群的動向。Kuhn 把科學社群列爲構成典範的主要成份之一，強調人的社會心理因素在科學知識發展的地位，科學理論的發展不再被認爲是對或錯的截然分野，而是妥協與取代；成長與衰退的辨證歷程。

在探討經驗證據和科學理論之關係時，納入人（科學家或科學社群）的因素是後邏輯實證 / 經驗時代的一個突破，這個突破主要是歷史個案研究法帶來的豐富成果。由歷史個案研究中可以看出，以人做爲一個知識建構的主體，在科學活動中的辨證與關鍵地位，而經驗證據只是科學家用來支持與宣揚自己的科學理論而已。傅大爲（ 1988 ）在一篇研究達爾文演化論與古生物學二者互動關係的論文中，顯示達爾文一方面使用化石證據來支持其演化論，一方面又以化石證據的不完全來迴避古生物學者的挑戰，人的主體性及經驗證據的工具性十分鮮明。古生物學者（相信災變說）對達爾文或達爾文演化論（相信均變說）入侵的競爭與反應，明顯的表現在許靖華的《大滅絕》一書(1992)和Gould 與Eldredge （ 1972 ）的間歇平衡論（ Punctuated equilibria ）與其對達爾文或達爾文演化論的攻擊。科學理論之間的動態競爭，科學社群的影響力不容忽視。

近年來認知心理學的發展呼應了新近科學哲學的研究，同時共同提供給實驗教學寶貴的建議。傳統的行爲主義把學習化約成學習者被動的對外來刺激反應，而且知識是片段的存在。然而近代心理學家，如：Piaget, Ausubel 等都建議，知識應是以結構狀存在。片段知識能結合成較大且互相關連的知識體或基模。基模的存在本身並沒多大意義，重要的是基模具有主動認知新知識的功能；也就是認知系統能選擇性的接收外來資訊，並將其與現存基模結合，而付予或建構新的意義（ Wittrock, 1990 ）。Kelly （ 1955 ）認爲知識的建構是個人的事，個人評估自己、環境、未來而建構暫時性知識，其暫時性知識將可因各種條件改變而修改。

依據前面科學哲學及認知心理學的論述，好的實驗教學的積極條件應如下：首先，科學教師必需要認識到學生對所要學習的科學單元所具有形形色色各種不同的現有概念或基模，並且提供機會讓學生表現其現存知識。第二、實驗教學的設計及進行應顧及學生的現有概念，如果情況許可，鼓勵學生基於其現有概念，參與實驗教學的設計，則將更具有教學效果。第三、實驗教學任何活動的結果本身不具任何意義，只是成爲素材供學生協商以付予意義。實驗教學的主要目的不在求其結果，而應重視學生對活動結果的詮釋與討論協商。透過討論協商過程，學生能精致或修正自己的現有概念。這三個實驗教學的積極條件事實上是近來支持知識建構論的科學教育學者所共同推薦的。

因此一個可以被接受的實驗教學應該有消極和積極兩個層次。消極層次首先需摒棄

邏輯實證／經驗論賦與實驗不實際的功能，也就是用以獲得、證實、或否證科學知識。事實上學者早已認爲實驗教學，主要應是用來展示科學知識（ Koertge, 1969 ）。其次需修正其實施的偏失，也就是實驗教學活動結果不是實驗教學的主要目的，實驗活動結果需由學生個人觀點去詮釋。換句話說，實驗教學活動結果應只是一個起點，接下來的討論與協商反而是必需而且比較重要的（ Gauld, 1989 ）。積極的層次是教師應設法誘出學生的現有概念，鼓勵學生基於自己的現有概念去設計實驗教學活動，預測，討論與協商結果。討論與協商的過程代表一種個人建構及社會學習過程，學生將學習如何精進個人的現有概念，洞察他人現有概念的缺失，進而合力得出較爲合理的概念。

然而只要避免其不實際的目的且修正其偏失，實驗教學在科學教學上仍然有其應有的功能，而這些功能是其它教學法無法達成的。Millar（ 1989b ）提出實驗教學的功能。首先，對於某些抽象概念，如：能量，教師只能應用實驗教學活動的進行，使學生了解這些概念的理論意義。第二，實驗教學可以展現何者爲好的科學活動，使學生學習科學研究歷程中的實用技術及一般策略。第三，實驗使學生能有機會嘗試問題解決的方式，了解解決實際問題不能完全遵循固定的一套所謂的科學方法。第四，實驗教學可以避免學生形成知識論上的偏失，如：科學只是驗證過的知識的集合體。

陸、結　語

實驗課一向被視爲科學教育的特徵與代表，主要這是受傳統的思潮及邏輯實證／經驗論的影響。在現代科學哲學的分析，實驗課的角色及功能均受到強烈的質疑；尤其在歷史個案研究法受到重視後，明顯的展示實驗在科學及科學教育的實際意義。一破一立值得科學教育學者深思。茲整理良好的實驗教學的消極及積極的條件如下表：

表一　良好實驗教學的消極及積極條件

消極條件:
1. 勿企圖以歸納法來使學生發現科學知識，或企圖以經驗證據來證實或完全否證學生現存知識。
2. 破除實驗教學是最好的或唯一的科學教學的迷思。
3. 實驗技能學習的進行不能獨立於學科知識及情境之外。
4. 引用科學方法和科學態度時需十分的謹愼。
積極條件:
1. 尊重並提供機會讓學生表現其現存知識的機會。
2. 實驗教學的設計及進行應顧及學生的現有概念，並鼓勵學生自行或共同設計實驗活動。
3. 實驗教學活動的目的不是爲了獲得經驗證據的，而是要學生進行討論及建構協商經驗證據的意義。

參考文獻

許玫理，（ 1992 ），我國國民中學自然科學教師科學哲學觀點之調查研究，國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。

許靖華，（ 1992 ），大滅絕，任克譯，天下文化。

張巨青，吳寅華，（ 1994 ），邏輯與歷史—現代科學方法論的嬗變，淑馨出版社。

傅大爲，（ 1988 ），“ Ad Hoc ”假設與「局部理性」—以達爾文演化論與古生物學二者的近代關係發展史爲例，收於台大哲學系主編，當代西方哲學與方法論，東大圖書公司。

Chalmers, A. F. (1982). What is this things called science? University of Queensland Press.

Cyphert, F. R. and Gant, W. L. (1971). The Delpi Technique.Phi Delta Kappan, 42(5), 272-273.

Department of Eucation and Science, (1988), Science for Ages 5 to 16: A Statement of Policy, Lodon. HMSO.

Duschl, R. A. (1985). Science education and philosophy ofscience twenty-five years mutually exclusive development. School Science and Mathematics, Vol. 85(7), November, 541-555.

Feyerabend, P. (1988). Against Method Revised Edition. NewYork, VERSO.

Gauld, C. F. (1973). Science, Scientists and "Scientific Attitudes". Austrlian Science Teachers Journal, Vol. 19, No. 3, 25-32.

Gauld, C. F. (1989). A study of Pupil's Responses to Empirical Evidence. In R.Millar (ed) Doing Science: Images of Science in Science Education, 62-82. London: The Falmer Press.

Hanson, N. R. (1958). Patterns of Discovery. Cambridge: Cambridge University Press.

Harre, R. (1983). Great Scientific Experiment, Oxfort, Oxfort University Press.

Hempel, C. G. (1954). A logical appraisal of operationism. Scientific Monthly, 1, No. 79, 215-220.

Hempel, C. G. (1966). Philosophy of Natural Science. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, INC.

Hodson, D. (1988). Toward a philosophically more valid science curriculum. Science Education, 72(1): 19-40.

Hodson, D. (1992). Assessment of practical work: some considerations in philosophy of science. Science & Education, 1, 115-144.

Kelly, G. A. (1955). The Psychology of Personal Constructs. New York: Norton.

Koertge, N. (1969). Toward an integration of content and method in the science curriculum. Curriculum Theory Network, 4, 1, 26-44.

Kuhn, T. S. (1970). The Structure of Scientific Revolution. Chicago: University of Chicago Press.

Lakatos, I. (1978). J. Worral and G. Currie (eds.) The methodology of scientific research programmes, Philosophical Papers Volume 1. Cambridge: Cambridge University Press.

Millar, R. (1989a). What is "scientific method" and can it be taught? In J. Wellington (ed). Skills and preocess in Science Education A critical Analysis, London: Routledge.

Millar, R. (1989b). Bending The Evidence: The Relationship between theory and experiment in science education. In R.Millar (ed) Doing Science: Images of Science in Science Education, 62-82. London: The Falmer Press.

Millar, R. and Driver, R.,(1987). Beyond processes. Studies in Science Education, 14, 33-62.

Osborne, R.and Freyberg, P.(eds.), (1985). Learning in Science: The implications of children's science, Auckland: Heinemann Education.

Pinch, T. (1985). Theory testing in science - the case of solar neutrinos: do crucial experiments test theories or theorists? Philosophy of Social Science, Vol. 15, 167-187.

Popper, K. P. (1968). The Logic of Scientific Discovery. New York: Harper & Row, Publishers, Inc..

Reichenbach, H. (1938). Experience and Prediction. Chicago: University of Chicago Press.

Russel, B. (1912). The problems of Philosophy. Indianapolis: Hackett Publishing Company.

Salmon, W. C. (1970). Inductive inference. In B. Brody (ed.) Readings in the Philosophy of Science. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Schuster J. A. and Yeo, R. R. (1986). The Politics and Rhetoric of Scientific Method. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.

Strawson, P. F. (1952). Introduction to Logical Theory, chapter IX. New York: John Wiley & Sons, Inc..

Wittrock, M. C. (1990). Generative processes of comprehension. Educational Psychologist, Vol. 24, No. 4, 345-376.

The Role of Experiments in the Scientific Enterprise and Science Education

CHEN-YUNG LIN
Department of Biology
National Taiwan Normal University

Abstract

The aim of this article is, through clarifying the appropriate role and function of experiments in the course of theory-generation and theory-justification, to demonstrate realistic and complicate relation between empirical data and scientific theories. Based on the discussion, a proper role of laboratory instruction in the science teaching is proposed.

In the field of philosophy of science, induction and hypothetico-deduction were once thought of as the classic scientific method. According to the tradition, the former was used to generate theories; the latter was used to justify theories. Both have had profound implication in the science education. First, the philosophical fallacy and practical problem of induction and hypothetico-deduction is discussed, and then the impossibility of their supposed function in science teaching is delineated. Moreover, this article presents the thought stream of post-positivism, in which the psychological and sociological dimensions of human have been stressed in the development of scientific knowledge. The development of scientific knowledge is not thought of a matter of being absolutely right or wrong any more. Rather, it is a matter of compromise and replacement, and a course of progress and degeneration. The insight of the philosophical shift on science education is shown. Finally, the criteria for proper laboratory instruction is proposed.

Key Words ： Laboratory Instruction ， Philosophy of Science

★

細說犀牛

王輔羊
基隆市立中山國民中學

前　言

最近三年來，英國的環境保護協會（ＥＩＡ），聯合國的華盛頓公約組織（CITES），以及地球島（ Earth Island ）等組織，不斷抨擊我國人民進口犀牛角、粉，製成中藥，販售圖利，使得非洲、東南亞、印度與尼泊爾等地的犀牛頭數大量減少，有瀕臨絕種的危機；因此對我國行政部門施壓，使得行政院農業委員會被迫採取嚴厲的取締走私、禁止販售犀牛角、粉的行動，原來合法持有者也要向主管機關登記報備。由於本省不產犀牛，而這又是個熱門話題，眞正認識牠的人並不多，所以寫成本文。

本　文

A. 古書文獻

東漢許愼所著的《說文解字》把「犀」當「南徼外牛」解，徼同塞，東北謂塞，西南謂徼，故犀原是指南方邊塞外所產的一種特殊牛，以其爲牛類，故從牛。

我國古書中常拿兕（音肆）與犀對舉，《爾雅・釋獸》認爲兕似牛，犀似豬；《山海經・南山經》也將兕、犀分爲兩種動物；或說兕就是雌犀，又叫沙犀。《墨子・公輸》：「荆有雲夢，犀兕麋鹿滿之。」又《爾雅・釋獸・郭璞注》中說，也有三角犀，一在頂上，一在額上，一在鼻上。按明朝的大醫家李時珍在《本草綱目》中說，犀出西番、南番、滇南、交州諸處，有山犀、水犀，並有二角；是與非洲所產種類相同者。梵文謂犀爲「朅伽」。陶弘景曰：「……又有通天犀角，上有一白縷，直上至端，夜露不濡，入藥至神驗，或云此是水犀，角出水中。」「犀角紋如魚子形，謂之粟紋，紋中有眼，謂之粟眼。黑中有黃花者爲正透，黃中有黑花者爲倒透，花中復有花者爲重透，並名通犀，乃上品也，花如椒豆斑者次之。」

B. 概　說

犀牛，英名 rhinoceros ，簡寫爲 rhino ，乃哺乳綱奇蹄目（ Perissodactyla

或Odd-toed ungulates)，犀科(Rhinocerotidae) 五種笨重的有蹄獸類的總稱，目前棲息於非洲東部、南部與亞洲熱帶地區。這個名號也包括此科其他已絕跡的屬。現存犀牛的特徵爲：吻部上表面生有一個或兩個角，它不是眞的角，而是由角蛋白所構成，能終生不斷地成長。脚具有三個短趾，趾尖上有寬而鈍的蹄。犀牛是一種體型巨大的動物，有著厚而無毛的外皮，四肢短壯，頭却很大。牠是次於大象和半水棲河馬之最大陸棲哺乳類。其英名 rhinoceros 源自希腊文的 rhinos (鼻子)和 keras (角)。

六千萬年前地球各地約有一百七十種不同類的犀牛生活著，但目前僅存五種，不過古今相貌相差不大。遠古時代地球上兩種最大的陸棲哺乳類均屬犀牛種：第一是棲息在蒙古地區的俾路支獸(Baluchitherion)，有二十五公噸重，約在五百萬年前絕跡；其次爲巨犀(Indicrotherion)，肩高六公尺，身長七公尺，頭長兩公尺，一千萬年前滅種。披毛犀(Coelodonta)在一千五百萬年前生活於歐洲、英國和西伯利亞地區，絕種於冰河時代末期。西元一七九九年在西伯利亞首見一頭保存完好的凍結披毛犀，其相貌與今日犀牛大同小異，只是全身長著毛罷了！目前世上所有的犀牛總數約爲一萬一千頭。

C. 現存種類介紹

甲、蘇門答臘犀牛

學名Didermocerus sumatrensis 或Dicerorhinus Sumatrensis ，英名 Sumatran Rhinoceros ，身長兩公尺半，肩高一到一公尺半，體重一千公斤，現存約五百至七百頭，是唯一有二角的亞洲種，一隻犀牛角成直線地排在另一角之後，牠們在五種犀牛中體積雖然最小，但却擁有最長的進化史，可回溯到四千萬年前。記錄中曾攀登到一千九百公尺高的雨林區。其全身幾乎沒有什麼毛，雄成犀前角長五十公分，後角不到十八公分，雌成犀的兩角皆短，少有超過十三公分的。其習性與印度單角犀牛很像，但剛生的幼犀厚皮上生有褐毛，長大後即消失。牠們目前棲息於蘇門答臘、緬甸、婆羅洲和馬來半島的茂密竹林裡。

乙、印度單角犀牛

學名Rhinoceros unicornus ，英名Great Indian One-horncd Rhinoceros 身長四・三公尺，肩高一・一至二公尺，體重一千五百到兩千公斤，現存約一千至一千五百頭。其皮膚無毛，堅厚的皮膚爲獸類之冠，尤其於雙肩與大腿上形成鎧甲狀褶皺。牠又名耳毛犀或巨犀，是亞洲最大種。其厚皮與屈戌關節可形成許多防護物，邊緣是很多像鉸釘頭的小圓凸塊，故德人稱之爲「坦克犀牛」。雌雄鼻上均有一角，不連結於頭

骨，約三十公分長，最長可達六十一公分，用以禦敵與剝取樹皮。其四肢短壯，各有三趾，性情溫和。以前牠們分布在全印度半島上，目前只有在印度阿薩姆省的卡基南加國家公園和尼泊爾的奇特旺國家公園中才可發現其蹤跡。

牠們常出沒於草高四・五至六公尺的大草原與沼澤區，循著獸跡踏徑而行，也會在泥沼中打滾以去除身上的扁蝨。牠們常在中午最熱時休息，清晨或傍晚外出覓食，深夜始歸，每天只喝一次水。交配後十八或十九個月出生犀仔，一胎一子，初生時三十四到五十四公斤重，幾乎立刻就能站立，隨即跟著媽媽吃奶。

雙角白犀牛

黑犀牛

丙、非洲黑犀牛

學名Diceros bicornus ，英名Black Rhinoceros ，身長四公尺，肩高一・四到一・八公尺，體重九百九十六至一千三百六十二公斤，現存約兩千四百頭於南非境內。其脾氣不好，性情難測，對於任何牠不熟悉的聲音與氣味均會衝擊。雖身軀龐大，却非常敏捷，在密集的荆棘叢裡奔跑，時速可達四十五公里，若未擊中目標，也能很快轉身。頭上生有兩角，長約六十公分，鼻前之長角由皮膚角化而成，會不斷蛻變、新生。四肢均有三趾，尾巴細長，後面垂有一大簇尾毛。通常夫妻倆一起生活在寬廣的草原上、丘陵或林邊，因具有手指般的上唇，可抓住樹枝吃樹葉及高草。其視覺很差，但却擁有良好的嗅覺和聽覺，藉以探知一公里外的敵人氣味。爲防被其他生物寄生體表，喜在泥塘內打滾，這樣牠那厚而多褶皺的皮膚就會被泥土裹住而產生保護作用。

丁、爪哇犀牛

學名Rhinoceros sondaicus ，英名Javan Rhinoceros ，體型稍小而纖細，肩高一・八公尺，體重一千六百公斤，現存約七十頭，分布於爪哇、越南及高棉等地。牠們只有單角，其上並生有一個小突物，亦有如非洲黑犀牛般的上唇，可抓取樹枝、嫩

芽與草。雄性角長二十五公分，雌性通常無角，少數有很短的角。其堅韌似板子般的外皮，是由褶皺形成關節的內皮所構成，能輕易地通過濃密多刺的樹林，不受傷害。當外皮龜裂後，形成許多角質盤，狀似鑲嵌細工的圖案。由於爪哇犀牛數量特別少，故應善加保護。

戊、白犀牛

學名Ceratotherium simum，英名White Rhinoceros，又叫方脣犀牛，是五種現存犀牛中體型最大的，肩高一・五到一・八五公尺，體重兩千三百至三千六百公斤，現存約五千頭。其名「白犀牛」是因牠喜歡在泥淖中打滾，乾後外皮形成灰白色所致；在月光下則看似雪白。吻部上方有二角，前後排列，其中前角最長的紀錄是一百五十公分，平均約九十公分；後角約爲前角長的一半。因啃食草本植物故，嘴型變得很扁平。其性情雖不似黑犀牛般好攻擊，但亦有強烈的領域性，在領域範圍內有一首領，其他的則須順從之，遇有外來者侵入時，雙方可能發生打鬥行爲，勝方會以排尿及排便的方式來表示其取得之地位或領域。

牠是群居草食性動物，棲息於中、南非的草原上，一群可多達十頭，包括一頭公的，二、三頭母的及其子女。其生育季節不固定，懷孕後約十八個月產下一子，罕見雙胞胎。幼子隨母行二或三年，長到五歲大即成年，準備交配。最初，其分布範圍從南非奧倫治河（西流入大西洋）至桑北西河（Zambesi River，流經北羅德西亞入印度洋，全長一千九百七十六公里）間的大草原一帶，目前僅存於南非的四千六百頭及蘇丹、烏干達、剛果的少數。

D. 過去用途

以前人們把犀牛角當作解熱劑，是珍貴的中藥，更是犀牛銳利的武器，簡稱爲犀，如《後漢書・馬援傳》：「人以爲明珠文犀。」漢揚雄《法言・孝至》：「諭諭北夷，被我純繢，帶我金犀。」注：「犀，劍飾（犀角製的器物）。」古以犀兕之皮爲甲，如《楚辭・屈原・九歌・國殤》：「操吳戈兮被犀甲，車錯轂兮短兵接。」《宋書・孔顗傳》：「戰皆著犀皮鎧，執短兵。」

在阿拉伯半島南部的葉門（Yemen），傳統上以犀牛角作刀柄，叫做Jambia（雙刃阿拉伯彎刀），爲當地人社會地位的象徵。但因該國政府的大力推廣使用牛角或塑膠品等替代物，並立法禁止犀牛角的買賣，才使犀牛有了一線生機！

目前犀牛角、粉的市場主要在東南亞。根據《神農本草經》上的記載，早在西元前二千六百年，國人即開始用它做中藥。最近香港有三位中醫師做了一項科學研究，大量

地使用它來餵食實驗室的白老鼠，的確有退燒之效！但也有其他自然替代品，例如東洋參、玄參、麥門冬、生石膏、寒水石、水牛角、羚羊角等，均具有相同的功用。

E. 保育方法

縱使盜獵已殘害了無數黑犀牛，又使蘇門答臘犀牛與爪哇犀牛瀕臨絕種，有些野生動物保護者仍對犀牛生存的機會持樂觀態度。現在有些特殊的保育方法已被採用，使白犀牛數目增加，其他犀牛數目似乎也成長穩定，稍可告慰。

雖有法律保護，但偷獵行動仍不斷發生，因犀牛角在東方被視爲壯陽藥、解熱劑，以重量計，爲金價之倍！在野外能遵行有效保護之前，對某些種只有加以捕獲後再進行復育了。在「世界野生物紅皮書」中，所有犀牛均已被列爲瀕臨絕種的保育類動物。

目前有三種保育方法，一爲「截角」：當犀牛服用過鎮靜劑後，將牠截角，此手術不會危及其生命，且犀牛角以每年五公分的速度成長。一九八九年非洲那密比亞的巡邏員把受到嚴重盜獵地區的犀牛截角，曾引起世人很大的爭議，認爲去角的犀牛將無力保護自己與犀仔。儘管如此，此計劃却成功地拯救了很多犀牛不致受盜獵的惡運。由於這一計劃的鼓舞，辛巴威也開始採用截角法。

二爲「遷移」：犀牛在遷移途中，被關在圍欄裡，這是爲了減少動物在被捕時受到外來的驚嚇，並可觀察其健康情形。在遷地爲良的過程中，犀牛由盜獵猖獗區被運載到有安全保障處，同時也可避免過度擁擠的問題發生，以使數量成長得以逐漸恢復。

三爲「採行強制政策」：辛巴威的黑犀牛常被盜獵，於是該國與肯亞政府已採行「槍斃」政策，以對付那些重裝備和擁有精密瞄準武器的盜獵者。

人手不足與裝備窳劣的保護區巡邏員們，爲了保護犀牛而時常遭到殺害，所以他們不得不訴諸武力，以介入這場「犀牛戰爭」。犀牛是否還能在地球上長期生存，將由未來的二十年決定，野生保育人士認爲，如果牠們能熬過這個危機，其未來的生存才會得到保障。

參考文獻

1. 臺灣商務印書館編審委員會（民80版）：增修辭源上册，P. 1367，臺灣商務印書館。
2. 廣東、廣西、湖南、河南辭源修訂組，商務印書館編輯部（1993）：大陸版辭源（單卷合訂本），P. 1077，遠流出版社。
3. 高樹藩，王修明（民69版）：正中形音義綜合大字典，P. 369，正中書局。

（下轉第73頁）

越了解地球科學你會越喜歡地球科學

黃芳男
省立台南第一高級中學

我們所賴以維生的地球，是一顆活生生的行星。在地球形成及變動的過程中，不但提供了地球上一切生物生存所必需的物質、能源及環境。同時，也使得人類的生活和生存，自古至今一直遭受天然災害的威脅。再加上半世紀以來，基於人口不斷增加，科技不斷發展，因而使得自然環境遭受更多破壞，生態失去平衡，自然災害的發生趨於頻繁。根據黃朝恩（民國80年）文章內所引用的資料，從五十年代至七十年代，全球大範圍自然災害的發生頻率，增加約10％。

根據統計，每年全球至少發生五百萬次，大於芮氏規模2.5級的地震，平均每年約有一萬五千人死於地震所造成的災難。大約每隔十年不到，就會有一次強大的海嘯橫過大洋，以每小時約八百公里的速度，高至數十公尺的浪頂，撲向低窪的海岸，吞噬無數的生命、財產。近五百年來，由於火山噴發而死亡的人數，至少已超過二十萬。而且，一次大規模的火山爆發，還可造成全球氣溫的降低，也可以導致局部地區的氣候反常，甚至影響農作物的產量。火山活動也是許多礦產富集起來的好機會，火山作用也帶來肥沃的土壤、豐富的地熱，衆多的溫泉和美麗的風景。地震、豪雨和颱風常引發山崩，自從1940年至今，山崩大約奪走了四、五萬人的生命，同時也摧毀了無數的房屋。除此之外，山崩也帶來其他的破壞，包括農田和林地的被埋沒，道路的損壞，隧道的陷沒，下水道、電話線、高壓線和煤氣管的折斷，海岸的後退等等，從而使得經濟受損、交通癱瘓，或土地減少。從民國51年至民國70年為止，台灣因颱風而造成1685人死亡，房屋損毀約十八萬間。平均每年死亡84人，房屋損毀8977間，農業損失約九億三千多萬元。人類歷史上，死傷最嚴重的一次洪水，就是我國華北在1887年9、10月間，連續多日的黃河大氾濫。當時黃河水位高漲，終至溢出了高20多公尺的自然堤，整個黃淮平原頓成水鄉，死亡人數難以估計，相信介乎九十萬至六百萬之間，受害面積廣達十萬平方公里，三百個鄉鎮被毀，數百萬人無家可歸。印度半島孟加拉灣頭胡夫里（R. Hooghly）河口一帶，一向都是海水倒灌最劇烈的地方，最嚴重的一次在公元1737年十月七日，當時由於強烈氣旋吹襲，引發波高達十餘公尺的暴風潮，沿岸居民估計有

三十萬人罹難。根據科學家的經驗，一般河流大約平均每隔一年半，即可出現一次平岸流量，亦即此時河水即將高過兩岸自然堤、進而外溢至外方之氾濫平原；另外，每五年至十年，大抵可出現一次具有相當破壞力的水災；每25年至50年，則有一次特大洪水，帶來慘重的傷亡。根據聯合國的統計，目前地球上已經受到沙漠化影響的地區，面積共有38,437,770平方公里，接近一百個國家受其影響。又根據聯合國的統計資料顯示，自1960年至1990年，三十年來世界能源消費，平均年成長率約達3％。按1990年的估計，世界煤的蘊藏量尚可供應276年；石油可供開採年限約43年；天然氣尚可供應53年；核能發電估計可供應到廿一世紀中期。 故諸如地熱、太陽能、風力、潮汐、波浪、海水溫差、氫氣能源等新能源的開發，已刻不容緩。

台灣目前所面臨的能源問題，地震、颱風、山崩、洪水、海嘯、乾旱等天然災害的問題、水資源利用的問題、土地利用的問題，地層下陷的問題，環境保育的問題，都是急需探討的。根據民國八十年的統計，台灣進口能源佔總能源供應量的95％。 每當您看到電視上，台灣為了能源生產的問題，常常引起老百姓的抗爭，圍廠，打得頭破血流時，您心裡有何感想？您是否會有您自已的解決方法？台灣最慘痛的震災，發生於民國24年4月21日的新竹、台中烈震，死傷計一萬五千人，房屋損壞五萬五千幢。分析多年來台灣地區的乾旱現象得知，是以嘉南平原及屏東平原為中心，向四周遞減，大多數情形是每年或多或少均有乾旱造成的災情，而以民國52年的乾旱所造成的損失最大，（以該年的幣值計算）計達新台幣四億九千萬元。

綜觀上述世界性或台灣區域性的環境問題，均需有豐富的地球科學知識，才能擬定正確的政策，使用適當的方法，減少災禍，以謀求人類的福祉。所以地球科學教育的推展，首需強調其實用性。同學千萬不要因為大專聯考不考，就忽略此一和我們人生關係非常密切的學科。

地球科學教育除了強調實用性外，它一方面也可作為大學教育的基礎教育，因為很多大學的科系利用到地球科學的背景知識。例如，農學院的科系開土壤學、土壤化學、土壤力學、水文學、地下水學、普通氣象學、氣候學、水土保持學和測量學的課；土木系開土壤力學、普通地質學和水文學的課；動物系漁生組的開水文學、普通氣象學和海洋學的課；各物理系的開天文物理學的課。除此之外，還有很多其他屬於地球科學本科系，或相關科系的學系，例如地球科學系、地質系、大氣科學系、海洋學系、地球物理系、天文研究所、地理系、資源工程系、水利系、河海工程系、造船及海洋工程學系、建築系、都市計劃系、水土保持系、海洋環境系、漁業科學系、水資源及環境工程學系、

環境科學系等等。同學們，您想讀上述那一個科系呢？是否應該多學點地球科學課程。

另外，地球科學是一門融合了地質學、大氣科學、海洋學、天文學，以及地球物理學的內容，而研究此等科學必須應用到物理學、化學和生物學的原理及研究方法。所以地球科學是一門整合性的基礎科學。而且地球科學空談理論也不行，它以地球本身做為研究的對象。所以研究地球科學應該到野外實地考察，伴以儀器的探測，輔以實驗室的實驗，甚至模擬實驗。再將得到的資料經過整理、歸納得出常規、模式，再嘗試運用地球科學，或其他物理學、化學和生物學的原理去分析、解釋其成因。

任何一種地球科學的現象，都是受到多種因素的影響，因此研究的時候要會從不同的觀點去研究，即從地質的原因、氣象的原因、海洋的原因及天文的原因去解釋。例如冰期的成因，也許有太陽輻射的變化、黃道扁平率的變化、大氣的演化、大陸漂移、造山運動、洋流系統的改變等等因素的影響。所以學習地球科學，必須會觀測，擬定實驗的方法及做實驗、整理分析資料、下結論及推論；更要會整合地質、氣象、海洋及天文的知識；還要會運用物理、化學及生物的知識；甚至運用所學到實際生活的、自然環境變化的解釋及如何適應，進而合理的經營利用自然環境。同時，無論地質、氣象、海洋及天文方面的研究課題，所牽涉到的範圍都很廣，影響因素又多、作用的時間又長，以致很多現象，至今還無法很具體的知道其變化的過程及成因。希望因此更能激勵學生研究的興趣，先接受前人研究的成果，再就還未研究出結果的，進一步去鑽研。人類文明本來就是如此逐漸累積而來的。再說，地球科學的研究領域如此的廣，單憑課本所學，實不足以滿足學生的好奇心，需要多看課外書籍，如「牛頓」、「科學月刊」、「自然」等等雜誌，或其他地球科學的書籍，以了解更多的眞象、發現更多的問題，引起更多的興趣和滿足更多的好奇心。

在學校學習地球科學時，儘可能從操作儀器、觀察標本、欣賞幻灯片、投影片及錄影帶來產生具體的觀念，而不是單從課本的文字敍述與圖片去了解，如此才能建立具體而正確的觀念。地球科學絕不是一門「背」的科學。同學更需要參加戶外教學，參加天文社，多做氣象觀測，由實際的觀察、觀測、印證課本的所學。在中、小學課程裡、地球科學也能跟地理、物理、化學和生物緊密結合。此外像國文及歷史在談論曆法時，地球科學也能提供基本知識。在科際整合日益重要的今日，學科間很難一刀兩斷的加以分割，應該相互印證、互相引用。又經由各種天然災害的介紹，可使同學早有心理準備，知道如何去防範及逃避災禍，適應環境變化。在世界教育的潮流，一致強調環保重要性的今天，地球科學更可提供地球生態的背景資料，使學生能夠進一步了解，如何去維持地球的生態平衡，導引大家好好愛惜人類僅有的一個地球。 （下轉第 34 頁）

從臺灣學生在馬里蘭州學校實作評量的表現看我國中小學生的作圖能力

*鄭美雪 **黃長司***黃萬居****朱玲玲
*台北市立河堤國民小學
**國立臺灣師範大學化學系
***台北市立師範學院數理教育系
****台北市立中正國民中學

一、前　言

我國中、小學的教學評量都是以紙筆測驗爲主，其中更以是非、選擇的題型最受歡迎，不但學生覺得簡單易答，老師改起考卷更是輕鬆愉快。然而這類試題較偏重於記憶性方面的知識，於是長期累積下來，我們的學生都很善於「記憶知識」，甚至在國際性的數理教育評鑑（ IAEP ）中，與韓國並列爲最高成就國家，然而在實作測驗上的表現卻是：操作能力欠佳、彈性思考能力較差（楊榮祥，民 82 ）。

馬里蘭州學校學習成就評量計畫（ MSPAP ）之評量工具均爲實作測驗，要求受試學生運用其所學過的概念及技能，以觀察、測量、操作器材並記錄或解釋其所得數據，以評量學生整體性的學習結果（簡茂發等，民 84）。在台灣所進行的研究僅採用數學及自然兩科的試題，測驗內容所針對的概念與我國教材少有直接相關，因此較能眞正評量出我國學生科學過程技能之實力。

我國與美國馬里蘭州合作之學習成就評量計畫，八十三年度所採用的試題：分 A 卷、B 卷、C 卷三套題本，合計十五個作業，其中有四個作業要求學生作圖，三個是完全開放式的作圖題，對學生的作圖能力是一大挑戰，B 卷作業伍的評分標準最高，不只是要求作圖正確，更要求其完整性。本次測試的學生樣本 A 卷 168 名，B 卷 155 名，C 卷 210 名，本文將針對國內學生的作圖能力做深入的探討，並就本評量之作圖題所建立的學生作答類型和錯誤模式，與國內課程標準及教材內容做一比較，希望能在國內一片教育改革聲浪中，做爲改革課程架構的參考。

二、國內相關研究

張惠博（民 73 ）曾對「台灣中區國民中學一般資優暨特殊才能學生夏令營」及「台灣中區國民中學學生暑期科學研習營」的學生做完實驗後所繳交的圖形加以分析，雖

然事前對於作圖方法有詳細的說明，但是近二百位同學中，能正確把握作圖要領及作出最適合圖形的並不多，倒是出現了甚多缺點，常見的有：

(1) 坐標軸上所表示的物理量，沒有註明單位或單位錯誤。

(2) 在坐標軸上，沒有標示刻度。

(3) 在坐標軸上，沒有註明物理量的名稱。

(4) 坐標軸上，標示物理量的位置不恰當。

(5) 不會正確的把數據點連接起來。

(6) 在關係圖中，仍加上箭頭。

(7) 不會以正確的圖形表達甲、乙二物理量間之關係。

(8) 同組的同學，所繪出的圖形，大致雷同。

江武雄等（民78）以台灣中部地區高二534名、國三944名學生為樣本，評量中學生在數據處理與解釋和形成假設的過程中應用所學過的化學概念之能力，試題中已指定橫軸與縱軸所代表的變因，然後再要求學生作答，結果學生各項作圖能力答對情形如下表：

表一　中學生資料處理 — 作圖能力分析表

項　　目	對　象	平均答對人數比
1 寫出橫軸、縱軸所代表的變因	國三	0.64
（包括變異量的名稱及單位）	高二	0.77
2. 自訂適當刻度	國三	0.35
	高二	0.44
3. 點出座標點	國三	0.47
	高二	0.64
4. 畫出曲線或直線	國三	0.01
	高二	0.12
平均	國三	0.37
	高二	0.49

國三及高二學生平均的答對人數比分別為0.37及0.49，可見作圖能力仍亟待提升。

三、本評量之學生作圖能力表現分析

(一) 有關之試題說明

本評量中有關作圖的試題共有四個作業，其中「平衡操作」和「改建運動場」是畫長條圖，前者只需找出重量和人數（或編號）之關係，並畫出正確長度即可，後者則尙需標示數據。「浮萍的難題」要求畫三週實驗中兩週的折線圖，第一週的折線圖已畫好，學生必須自己畫第二、三週的折線圖。「灰石研究」要在方格紙上畫出標示清楚的關係圖，從標題名稱、座標單位、座標比例到交點的連接，每一點都是給分的重要依據。

㈡ 施測結果分析

1. 平衡操作：用長條圖表示學生的體重資料。

① 以編號和重量表示橫軸和縱軸的共有49.4％。

② 以人數和重量表示橫軸和縱軸的共有27.4％。

③ 用折線圖表示的有3％。

整體看來，有76.8％的學生能正確作答。

2. 改建運動場：將每項遊戲所得的分數畫成長條圖。

① 能依照遊戲項目畫長條圖，並標數據的有37.1％。

② 能依照遊戲項目畫長條圖，未標數據的有13.9％。

③ 學生把各年級分別畫成長條圖者佔20％。

本題通過率爲44％，學生在自行規劃座標刻度時有極大的困擾。

3. 浮萍的難題：利用資料並參考第一週的折線圖，畫出第二、三週的平均水溫折線圖。

① 兩個折線圖全部畫對的有72.3％。

② 只有一週折線圖畫對的有12.2％。

本題通過率84.5％，學生中有點錯一個交點、兩週分開畫圖、用錯顏色筆及連成直線的缺點。

4. 灰石研究：作一個標示清楚的關係圖，用來表示重量如何隨時間而改變。

① 所有受試學生無人標示關係圖名稱，經訪談，5人當中有3人表示不會命名，1人覺得不需要標示關係圖名稱，1人表示沒想到要標示名稱。試著命名的6人當中，有2人能說出恰當的名稱，4人雖表示會命名，不過所說出的名稱並不恰當。

② 畫長條圖的有5.2％，訪談時有的學生表示是因爲數學課都這樣畫，認爲畫長條圖可以表達得更清楚。

③ 能正確標示出橫軸與縱軸變異量的名稱或單位、橫軸和縱軸座標刻度成比例，

且交點連線正確的有28.4％。

④ 只有橫軸或縱軸座標刻度不成比例的有4.5％，由於我國教材中少有自訂刻度的練習，因此以下缺失仍算正確。

(a) 代表重量的軸刻度間距太大，不易看出變化。

(b) 代表重量的軸刻度從零突然跳到一百多，卻未以省略記號予以斷開。

(c) 代表時間的軸，1、5、10分鐘的間距一樣大。

(d) 座標刻度是由大排到小。

⑤ 只有橫軸或縱軸的變異量名稱或單位錯誤的有5.8％，其中重量若改放在橫軸仍算正確。

⑥ 只有座標位置不正確的有3.9％。錯誤少於兩個或連線不完整仍算正確。

⑦ 同第③項，但只有其中一項正確的有13.6％。

⑧ 答對部分少於上述各項的有14.8％。

本題通過率61.3％。

四、有關之小學課程標準內容探討

㈠ 數學科

數學科極重視學生讀圖、作圖及應用圖表的能力，因此無論在現行（民64）或將公佈實施（民85）的課程標準中，均對統計圖表這個領域做了詳細的規劃，由簡單而複雜，逐步培養學生這方面的能力，其中第四學年的分段目標更明確的指出要發展繪製及讀報統計圖的能力。（詳見表二及表三於次頁）

㈡ 自然科

自然科雖然重視科學方法的能力培養，但是即使現行課程標準，也僅在預期學習結果部份列有一條「以圖表表示測量值」，其餘均未直接提到統計圖。

五、有關之教材內容與學生作圖能力之分析

㈠ 關係圖名稱

1. 教材方面

① 數學科

(a) 未指出標示統計圖名稱的重要性。

(b) 未教導學生如何命名。

表二　現行數學科課程標準有關作圖能力之內容（民64）

項目	年級	內容	
總目標		無	
分段目標	二	(六)從具體事物的分類、整理中，瞭解簡單統計圖表的讀法與作法。	
	三	(六)從整理資料或繪製圖表的活動中，養成明確的分類觀點及閱讀各種統計圖表的能力。	
	四	(六)發展繪製及讀報統計圖表的能力。	
	六	(六)增進統計圖表的設計與運用的能力，獲得概率的初步認識。	
教材綱要	一	• 用記號（如○、×）整理資料	• 分類與計數
	二	• 用記號表示統計結果	
	三	• 用畫記整理資料	• 簡易的長條圖
	四	• 簡易統計表	• 簡易的折線圖
	五	• 平均值	• 百分圖表
	六	• 統計圖表的設計與應用	• 概率的初步介紹
預期學習結果		(四)統計與圖表部份： 1. 能獲得搜集簡單統計資料並加以分類、計數、整理的能力。 2. 能認識長條圖、折線圖、百分圖表等統計圖表。 3. 能獲得繪製並報讀簡易統計圖表的能力。 4. 能瞭解平均值、概數、成數、百分率等意義。 5. 能獲得解釋及預測簡易統計圖表中的統計事象之基本能力。 6. 能獲得概率的初步認識。	

表三　85年將公佈實施之數學科課程標準有關作圖能力之內容

項目	年級	內容
總目標		無
領域目標		(四)統計圖表 1. 能獲得搜集資料，並加以分類、計數、整理的能力。 2. 能認識長條圖、折線圖、百分圖等簡易統計圖表。 3. 能獲得繪製及報讀解釋簡易統計圖表的能力。 4. 能瞭解平均數、眾數、百分數的意義。 5. 能獲得機率的初步經驗。
分段目標	低年級	(十)將資料整理成簡易統計圖表，並會閱讀。
	中年級	(九)養成報讀長條圖、折線圖、時刻表與節目表及繪製長條圖、折線圖的能力。
	高年級	(十一)培養繪製及報讀統計圖表的能力。
教材綱要	一年級	• 記錄活動的結果 • 簡化紀錄 • 讀簡易的圖表（註401）
	二年級	• 將資料整理成紀錄表 • 把紀錄表整理成統計圖表 • 讀統計圖表
	三年級	• 用畫記（如：正、册）將資料整理成統計圖表 • 畫長條圖 • 讀長條圖
	四年級	• 讀折線圖 • 畫折線圖 • 讀時刻表與節目表
	五年級	• 在生活情境中，瞭解平均數和眾數的意義 • 求平均數和加權平均數
	六年級	• 從遊戲中瞭解機率的初步概念（註402） • 讀圓形圖、長條百分圖 • 畫圓形圖、長條百分圖

表四　我國小學有關作圖能力之課程內容分析表

科別	册別	單元及名稱	統計圖的種類	統計圖標題	座標單位	座標比例	呈現結果的方式	應用情形
數學	五	九、長條圖	長條圖	車輛統計圖	已訂	已訂	找出交點	看數量、比大小
	七	八、折線圖	折線圖	××折線圖	〃	〃	〃	讀數量、比大小、有斷開記號
				××高度統計圖	〃	〃	〃	〃
				Y的變化圖	〃	〃	〃	〃
				Y的記錄圖	〃	〃	〃	〃
	九	十二、直方圖	直方圖	××直方圖	自訂	自訂	〃	讀數量、比大小
				人口分布圖	〃	〃	〃	〃
	十	九、百分率	長方圖	無	已訂	已訂	〃	〃
			圓形圖	××情形	〃	〃	〃	〃
自然	二	五、種子發芽了	長條圖	的幼苗生長記錄表	已訂	已訂	貼色紙	能看出幼苗漸漸長大
	五	七、指出位置來	座標圖	無	〃	〃	（X，Y）	1. 指出某物的座標 2. 指出某座標爲何地
	六	八、測量力的大小	折線圖	X和Y的關係圖	已訂	自訂	找出交點並連線	從彈簧的長度判斷物品重
	七	二、測量氣溫	未規定	無	〃	已訂	〃	看氣溫變化情形
	〃	九、悶熄蠟燭	折線圖	X和Y的關係圖	〃	自訂Y座標	〃	用內插法預測燃燒時間
	八	四、觀測太陽	〃	Y的變化圖	〃	已訂	〃	看高度角變化情形
	十	一、天氣的變化	〃	Y的變化圖	〃	〃	〃	看氣溫變化情形
	〃	八、太陽和季節	〃	〃	〃	〃	〃	看高度角變化情形

(c) 課文中出現的統計圖沒有一定的命名原則。

② 自然科

(a) 僅第二册讓學生以塡空的方式完成名稱的標示。

(b) 未教導學生命名的方法及重要性。

(c) 課文中出現的統計圖名稱有一定的命名原則，大致可分爲Y變項的變化圖及X和Y項的關係圖兩類。

2. 學生作圖表現：無法從試題中看出應標示關係圖名稱，訪談時有少數學生有能力標示。

學生的作圖能力與教材內容相符。

(二) 橫軸與縱軸的變異量名稱或單位

1. 教材方面：除數學科第九册「直方圖」之外，包括自然科均已訂好，學生不必自行標示。

2. 學生作圖表現：約有三成學生能正確標示。

需自訂單位的單元在施測時應該尙未教學，但仍有三成的學生自行決定。

(三) 橫軸與縱軸的刻度比例

1. 教材方面

① 數學科：僅第九册「直方圖」要求學生自訂刻度比例，其餘均已代爲繪製訂好比例。

② 自然科：僅第六册「測量力的大小」要求學生自訂橫軸與縱軸之刻度比例，第七册「悶熄蠟燭」僅需自訂縱軸刻度比例，其餘均已繪製訂好比例。第七册「測量氣溫」的氣溫變化圖，第八册「觀測太陽」及第十册「太陽和季節」的太陽高度角變化圖之橫座標時間，均由零直接跳到開始觀測時間，中間並未以省略記號斷開。

2. 學生作圖表現：約有五成學生能自訂橫軸和縱軸刻度比例，但在橫軸有一分鐘和五分鐘會有間隔相同的情形，縱軸則有從零突然跳到一百多卻未用省略記號予以斷開的現象。

在衆多繪製統計圖的教材中，僅三個單元需自訂刻度比例，其中有一個單元未教，但已有約五成學生能自訂刻度比例。

(四) 交點

1. 教材方面：數學科與自然科的所有有關教材中，學生均需自行找出交點，並完成正確的圖形。

2. 學生作圖表現：約八成的學生能正確找出交點，但有少數幾人會有一個交點點錯位置。

六、結論與建議

(一) 結論：從以上的施測結果分析及和教材比較後獲得以下幾點結論。

1. 五年級學生未能從其所學教材中得知標示統計圖名稱的重要性，訪談時有少數學生能正確標示。
2. 五年級學生只有三成能自己找出統計圖的適當單位或標示變異量的名稱，而這些顯然不是從教材中學到的。
3. 五年級學生約有半數能在經過兩個單元的學習之後，自行訂定座標刻度比例，但無人懂得利用省略記號。
4. 五年級學生在學習多個需作圖的單元之後，大多數能正確找出交點並連線。

(二) 建議

1. 數學科課程標準已對作圖能力有詳細而完整的規劃，但有關繪製統計圖的教材，大多將「繪製」的涵義侷限於找出交點以完成統計圖，宜在各教材中逐步讓學生擴大其眞正的繪製能力。
2. 數學科各有關統計圖之單元，其統計圖名稱宜採用較一致的命名原則，以免學生的觀念混淆不清，另外增列標示統計圖名稱的練習題，相信能有效增進學生標示統計圖名稱的能力。
3. 數學科在第七册「折線圖」單元，曾用過省略記號將縱座標予以斷開，使統計圖能更清楚的表示出其變化，雖然在課文中有省略及未省略兩種統計圖讓學生比較其差異，但顯然效果不彰，宜設計「比較」的習題，加強學生的印象。
4. 建議在自然科課程標準中，增列培養作圖能力的條文，以免在教材開放之後，新教材忽略此項重要能力之培養。
5. 自然科教材中仍有部分未標示統計圖名稱，宜補上，同時讓學生在自行畫統計圖時練習命名。
6. 自然科有關作圖能力的教材很多，每當學生已學會某個項目之後（例如：第六册「測量力的大小」學生已學過如何自訂座標刻度比例），則在其後出現的作圖單元就應讓學生自行完成該項目，如此才能逐步提昇學生的作圖能力。
7. 自然科在第七、八、十册測量氣溫和觀測太陽時，横座標時間均有從零直接跳

到開始觀測時間(例如：上午8時)而未用省略記號予以斷開的現象，容易使學生觀念混淆，宜加上記號或特別予以說明。

參考資料

1. 李虎雄、黃長司(民84)　美國馬里蘭州學校實作評量工具在台灣施測的可行性。科學教育月刊，179期，pp. 41～49。
2. 簡茂發等(民83a)　教育部八十三年國民教育階段學生基本學習成就評量研究。研究報告。
3. 簡茂發等(民83b)　MSPAP評量工具中文版三套九册：指導手册(5A，5B，5C)、資料本(5A，5B，5C)、作答本(5A，5B，5C)。
4. 楊榮祥(民81)　1992國際數理教育評鑑 IAEP——我們能夠學到什麼?。科學教育月刊，149期，pp. 2～31。
5. 張惠博(民73)　淺談實驗作圖的方法——擔任國中學生暑期科學研習活動的感想。科學教育月刊，75期，pp. 51～57。
6. 江武雄等(民78)　我國學生科學過程技能學習成就水準之研究——化學概念在資料處理與解釋和形成假設的應用(二)。國立台灣教育學院化學系。
7. 楊水平(民81)　科學過程技能中的資料處理和解釋之教學實例。科學教育月刊，147期，pp. 40～54。

★

(上承第24頁)

參考資料

黃朝恩著(民國80年)　人類與自然災害　國立台灣師範大學人文教育研究中心出版。

★

1995年第36屆國際數學奧林匹亞競賽試題解答評析(Ⅰ)

中華民國參加第36屆國際數學奧林匹亞競賽代表團
*陳昭地 **林哲雄 ***于　靖 +柳　賢 *朱亮儒 *洪有情
*國立臺灣師範大學數學系
**國立清華大學數學系
***中央研究院數學研究所
+國立高雄師範大學理學院

前　言

國際數學奧林匹亞競賽（IMO）試題源自主辦國以外，各參與國在接受邀請繳交試題期限內提交0～6道題（陳昭地，民81年、民82年），再由主辦國試題委員會研究選出24～30題預選題，分屬代數、幾何、組合數學、數論、數列等不同領域，經由各國領隊組成之主試委員會修訂票選出6道題，依主題內容及易中難層次安排每天3道題的二份試題。今年的試題，是先由主辦國加拿大之試題委員會從各國所提供的三百多道試題中研究選出28道，含代數、幾何、數論和組合數學、數列等不同難度的試題及參考解答。再由主試委員會，經過二天六次會議研究票選出一道代數題，二道幾何題，二道數論和組合數學題，一道數列題。本文的目的在於針對今年七月我國代表團所翻譯成的中文版IMO 6道試題提供參考解答，評析解題重點，且就我國六位學生代表答題概況及本屆73個參與國412位學生代表得分統計加以比較評析，以供國內相關專家學者、數學教師等輔導數學資優生之研究應用參考。

一、第36屆國際數學奧林匹亞競賽試題

請參閱本刊第182期第55頁～56頁。

二、第36屆國際數學奧林匹亞競賽成績統計

根據主辦單位確認公佈之第36屆73個參與國共計412位競賽代表成績，參考前屆分析方式（陳昭地，民81年、民82年），列表如下，以供試題解答分析之參考。

表 1 第36屆IMO全部参與競試學生之成績統計表
總人數 412 人

題次 / 項目	1	2	3	4	5	6	總 計
平均得分	5.06	1.71	3.13	4.58	3.41	1.07	18.95
得分率	0.72	0.24	0.45	0.65	0.49	0.15	0.45
標準差	2.78	2.93	2.74	2.66	3.21	2.13	11.69
變異係數	54%	172%	88%	58%	94%	199%	62%
難度指數	0.62	0.40	0.48	0.59	0.49	0.24	
鑑別指數	0.72	0.79	0.77	0.76	0.82	0.45	

表 2 金牌、銀牌、銅牌及未得獎牌分組成績統計表

表 2(a) 金牌獎(人數 30;成績≧37)

題次 / 項目	1	2	3	4	5	6	總 計
平均得分	7.00	6.80	6.93	6.83	6.77	5.63	39.97
得分率	1.00	0.97	0.99	0.98	0.97	0.80	95%
標準差	0.00	0.92	0.37	0.75	0.97	2.06	2.22
變異係數	0%	14%	5%	11%	14%	37%	6%

表 2(b) 銀牌獎(人數 71;37 >成績≧29)

題次 / 項目	1	2	3	4	5	6	總 計
平均得分	6.76	4.99	5.68	6.75	6.07	2.21	32.45
得分率	0.97	0.71	0.81	0.96	0.87	0.32	77%
標準差	0.80	3.01	1.74	0.67	2.09	2.52	2.42
變異係數	12%	60%	31%	10%	34%	114%	7%

表 2(c) 銅牌獎(人數 100;29 >成績≧19)

題次 / 項目	1	2	3	4	5	6	總 計
平均得分	6.55	0.94	4.11	6.05	5.20	0.84	23.69
得分率	0.94	0.13	0.59	0.86	0.74	0.12	56%
標準差	1.24	2.29	2.41	1.47	2.80	1.74	3.09
變異係數	19%	243%	59%	24%	54%	208%	13%

表 2(d) 未得獎牌者(人數 211;成績<19)

題次 / 項目	1	2	3	4	5	6	總 計
平均得分	3.50	0.25	1.26	2.83	1.19	0.15	9.18
得分率	0.50	0.04	0.18	0.40	0.17	0.02	22%
標準差	2.92	1.22	1.66	2.48	2.11	0.69	5.38
變異係數	83%	494%	131%	88%	177%	470%	59%

表 3　1995年第36屆國際數學奧林匹亞競試中華民國學生代表得分及成績統計表

題次 / 姓名	1	2	3	4	5	6	總　分	獎　牌
陳　和　麟	7	7	5	7	7	2	35	銀
舒　正　州	7	0	2	7	1	0	17	榮譽獎
蘇　柏　青	7	7	5	7	2	0	28	銅
邱　奕　智	7	7	7	6	7	0	34	銀
莊　智　仰	7	7	5	7	7	0	33	銀
車　士　堯	7	2	6	7	7	0	29	銀
總　分	42	30	30	41	31	2	176	4銀1銅 1榮譽獎

表 4　1995年第36屆國際數學奧林匹亞競試各題得分成績人數統計表

題次 / 得分	1	2	3	4	5	6
0	47	299	96	44	141	290
1	38	7	80	57	48	37
2	21	5	33	16	30	22
3	18	1	28	18	8	12
4	7	1	34	25	1	5
5	4	4	24	36	7	6
6	38	5	17	48	5	6
7	239	90	100	168	172	34
總　人　數	412	412	412	412	412	412

表 5 1995年第36屆IMO前十名國家成績統計表

名次	題次／國家	1 總分	1 平均	2 總分	2 平均	3 總分	3 平均	4 總分	4 平均	5 總分	5 平均	6 總分	6 平均	總計 總分	總計 平均
1	中國大陸	42	7.00	42	7.00	40	6.67	36	6.00	42	7.00	34	5.67	236	39.33
2	羅馬尼亞	39	6.50	35	5.83	42	7.00	42	7.00	42	7.00	30	5.00	230	38.33
3	俄羅斯	42	7.00	42	7.00	42	7.00	42	7.00	42	7.00	17	2.83	227	37.83
4	越南	42	7.00	42	7.00	40	6.67	42	7.00	42	7.00	12	2.00	220	36.67
5	匈牙利	38	6.33	21	3.50	40	6.67	42	7.00	42	7.00	27	4.50	210	35.00
6	保加利亞	41	6.83	35	5.83	41	6.83	41	6.83	35	5.83	14	2.33	207	34.50
7	南韓	42	7.00	42	7.00	37	6.16	39	6.50	28	4.67	15	2.50	203	33.83
8	伊朗	42	7.00	30	5.00	32	5.33	38	6.33	42	7.00	18	3.00	202	33.67
9	日本	42	7.00	14	2.33	25	4.17	41	6.83	42	7.00	19	3.17	183	30.50
10	英國	42	7.00	25	4.17	30	5.00	31	5.17	35	5.83	17	2.83	180	30.00
平均 (60人)		6.87		5.47		6.15		6.57		6.53		3.38		34.97	
總平均 (412人)		5.06		1.71		3.13		4.58		3.41		1.07		18.95	

註 1. 從平均得分來看，無論從前十名國家 60 位代表（表5）或全體參賽國家412位代表（表1），可排出本屆易到難的題序爲1、4、5、3、2、6，第6題難度最高，而第1道題最簡易。

2. 其餘排名第11～20的國家如下（我國排名第12名）。美國（178分），中華民國（176分），以色列（171分），印度（165分），德國（162分），波蘭（161分），捷克（154分），南斯拉夫（153分），加拿大（153分），香港（151分）。

三、試題詳解及評析

問題1（保加利亞）

〔解一〕（試題委員會公布的解法）

若$P=X$或Y，則很顯明本問題是對的。現假設$P\neq X$且$P\neq Y$。

因為$\overline{PB}\cdot\overline{PN}=\overline{PX}\cdot\overline{PY}=\overline{PC}\cdot\overline{PM}$，所以$M$、$N$、$C$、$B$四點共圓

若P在線段$\overline{XY}$上，則

$$\begin{aligned}\angle MAD+\angle MND&=\angle MAD+\angle MNB+\angle BND\\&=\angle MAD+\angle MCA+\angle AMC\\&=180^\circ\end{aligned}$$

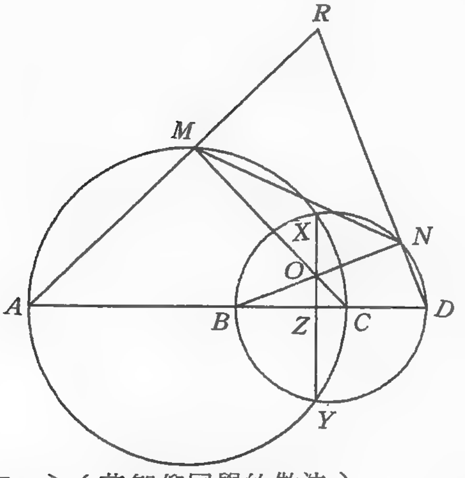
若P不在線段$\overline{XY}$上，則
$$\begin{aligned}\angle MAD&=180^\circ-\angle AMC-\angle MCA\\&=180^\circ-\angle BND-\angle PNM\\&=\angle MND\end{aligned}$$

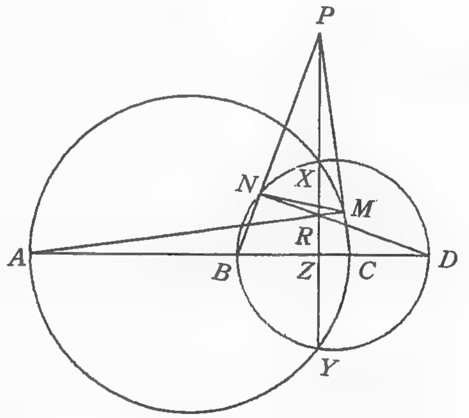
因此，只要P在直線XY上，A、D、N、M必四點共圓。

設直線AM和直線DN交於R，且設直線RX分別交兩圓於Y_1和Y_2。

則　$\overline{RX}\cdot\overline{RY_1}=\overline{RA}\cdot\overline{RM}=\overline{RD}\cdot\overline{RN}=\overline{RX}\cdot\overline{RY_2}$

$\therefore$　$Y_1=Y_2=Y$。　故R在XY上，得證。





〔解二〕（莊智仰同學的做法）

建立直角坐標系使得XY為y軸，$\overline{XY}$之中點為$(0,0)$，$\overline{XY}=2$

設以$\overline{AC}$為直徑的圓，其圓心O_1坐標為$(-a,0)$

而以$\overline{BD}$為直徑的圓，其圓心O_2坐標為$(b,0)$

則O_1的半徑 $r_1=\sqrt{a^2+1}$，且C點坐標爲（$\sqrt{a^2+1}-a$, 0），

A點坐標爲（ $-(a+\sqrt{a^2+1})$, 0 ）

設P爲直線XY上任意點，其坐標爲（ 0 , r ）

考慮直角$\triangle AMC$。設 $\angle MCA=\theta_1$，$\angle MAC=\theta_2$

$$\Rightarrow \tan\theta_2=\cot\theta_1=\frac{\sqrt{a^2+1}-a}{|r|}$$

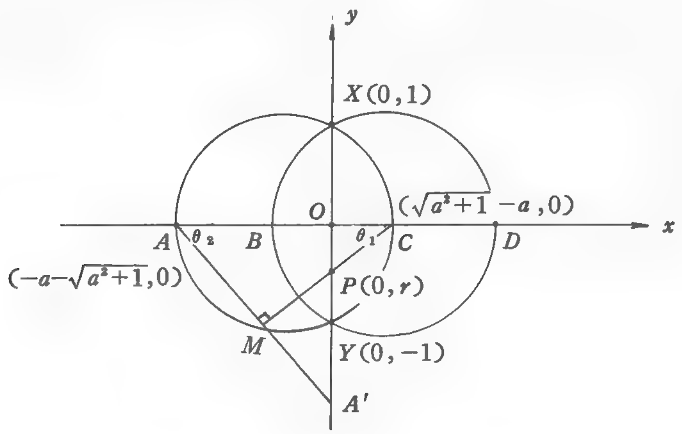
設直線AM交直線XY於A'

$$\text{則}\quad A'O=AO\ \tan\theta_2=\frac{(a+\sqrt{a^2+1})(\sqrt{a^2+1}-a)}{|r|}=\frac{1}{|r|}$$

同理，令直線BN交直線XY於B'，則 $\overline{B'O}=\dfrac{1}{|r|}$

又∵ A'，B' 均在x軸的同側，故A'，B'重合於y軸

即 AM、BN、XY三線共點。



評析：

1. 本題爲<u>保加利亞</u>所設計，屬平面幾何的題目。主試委員會預估爲簡易題。考試結果有58％（239位）得滿分，爲6道題之冠，且30位金牌獎在這道題全都拿滿分，平均得分5.06，得分率0.72，是6道題中最簡單的一題。其鑑別指數0.72，鑑別度合理。
2. 解題重點：

   主要用到四點共圓的條件。

(1) 利用圓弦性質，證明M、N、C、B四點共圓。

(2) 討論P點在線段$\overline{XY}$上及P點不在線段$\overline{XY}$上兩種情形，證明A、D、N、M四點共圓。

(3) 再根據圓弦性質，得證AM、DN及XY三線共點。

3. 討論：

(1) 這道題至少有二十種證法。用綜合幾何方法證明，必須考慮P點在線段$\overline{XY}$上和P點不在線段$\overline{XY}$上兩種情形。若只考慮一種情形，則最多只能拿到6分。若用解析幾何方法證明，也很容易，同時也可避開討論P點的位置關係，而得到滿分。

(2) 本題得到全隊滿分的國家共13國，我國也得到滿分42分。莊智仰和卓士堯兩位同學用解析幾何方法證明，其餘四位同學用綜合幾何方法，六位同學的證法都不一樣。

(3) 有些參賽學生只考慮P在線段$\overline{XY}$上的情形，而忽略P不在線段$\overline{XY}$上的情形。其實這兩種情形的證法完全一樣，所以只寫“同理可證”即可。蘇柏青和邱奕智兩位同學也沒有明顯的提到P不在線段$\overline{XY}$上的情形，圖形也只畫出一個。在經過與協調員協商後，認爲他們的證法已可包含了兩種情形，而獲得滿分。

問題2（俄羅斯）

〔解一〕（試題委員會公布的解法）

令 $x=\frac{1}{a}$，$y=\frac{1}{b}$ 及 $z=\frac{1}{c}$，則 $xyz=1$ 且

$$\frac{1}{a^3(b+c)}+\frac{1}{b^3(c+a)}+\frac{1}{c^3(a+b)}=\frac{x^2}{y+z}+\frac{y^2}{z+x}+\frac{z^2}{x+y}$$

用T表示上述的和，則有

$$(x+y+z)T=\frac{1}{2}((y+z)+(z+x)+(x+y))T$$

$$=\frac{1}{2}((\sqrt{y+z})^2+(\sqrt{z+x})^2+(\sqrt{x+y})^2)((\frac{x}{\sqrt{y+z}})^2+(\frac{y}{\sqrt{z+x}})^2+(\frac{z}{\sqrt{x+y}})^2)$$

由柯西不等式知

$$(x+y+z)T\geq\frac{1}{2}(x+y+z)^2$$

因此，　　$T \geq \dfrac{x+y+z}{2}$

再由算幾不等式知

$$T \geq \frac{x+y+z}{3} \cdot \frac{3}{2} \geq \sqrt[3]{xyz} \cdot \frac{3}{2} = \frac{3}{2}$$

上式等號成立的充要條件是 $x=y=z=1$，亦即 $a=b=c=1$。

〔解二〕（陳和麟同學的作法）

由柯西不等式，我們有

$$\left(\frac{1}{a^3(b+c)}+\frac{1}{b^3(c+a)}+\frac{1}{c^3(a+b)}\right)\cdot 2(bc+ca+ab)$$

$$=\left(\frac{1}{a^3(b+c)}+\frac{1}{b^3(c+a)}+\frac{1}{c^3(a+b)}\right)(a(b+c)+b(c+a)+c(a+b))$$

$$\geq \left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}+\frac{1}{c}\right)^2=(bc+ca+ab)^2$$

故得

$$\frac{1}{a^3(b+c)}+\frac{1}{b^3(c+a)}+\frac{1}{c^3(a+b)} \geq \frac{bc+ca+ab}{2}$$

$$=\frac{3}{2}\cdot\frac{bc+ca+ab}{3} \geq \frac{3}{2}\sqrt[3]{a^2b^2c^2}=\frac{3}{2}$$

上式的最後一個不等式爲算幾不等式。

評析：

1. 本題爲俄羅斯設計提供，爲一代數題，考試結果，在412位參賽者中有90位（21％）得滿分，卻有299位（72％）得0分，全體平均值1.71分，得分率0.24，難度僅次於第6題，而鑑別率0.79僅次於第5題。前十名國家（60人）的平均數爲5.47分，我國6位選手平均數爲5.0分，顯然，還需要加強這類型題目的訓練，才能使我國排名在十名以內。

2. 解題評分重點：

(1) 能化成正確的等式（證明過程中使用柯西不等式之前的等式）且該式子確實有助於完成證明結果，可得2分。

(2) 能用柯西不等式導出 $T \geq \frac{x+y+z}{2}$，得3分（累積得5分）。

(3) 能用算幾不等式導出最後的不等式，得2分（累積得7分）。

(4) 不等式的等號成立之充要條件部分不計分。

3. 討論：

(1) 本題解題過程技能主要爲變數代換再配合柯西不等式及算幾不等式，此種不等式的題型是很適合我國學生作答，但考試結果祇有四位學生得滿分（7分），相當可惜。其中蘇柏青、邱奕智及莊智仰的解法與試委會公布的解法類似，適當地使用變數代換以簡化式子，而另一位學生陳和麟同學不經變數變換而直接配成柯西不等式的型式後再導出結果。

(2) 另兩位選手分別利用凸函數的性質及無法導出結果的柯西不等式而得到2分及0分，其中卓士堯以爲函數 $f(x,y)=\frac{x^3y^3}{x+y}$ 是凸函數（但沒有證明），事實上，經驗證後 f 不是凸函數，經協商後祇得2分。即使函數 f 是凸函數（但沒有證明），但由於不是很顯然可以判斷出來的情況下，依大會的評分標準，這種證明最多也祇能得5分。在平時訓練學生的時候，我們也一再要求可以不用微積分的技巧時，儘量不要用，否則在整個證明過程中就應更嚴密的證明每一細節。

(3) 韓國的6位選手都能把握分數，拿到本題滿分，這也是他們能擠入前十名的關鍵題。此外，大陸、俄羅斯、越南也都得到滿分。而去年冠軍美國隊的6位學生中祇有一名得滿分，其他五位選手未能得到分數，也使得美國隊排名掉到第十一名。

（未完待續）

1995年第26屆國際物理奧林匹亞競賽試題參考答案(Ⅰ)

林明瑞
國立臺灣師範大學物理系

理論試題第一題：

(a) 一個頻率爲 f 的光子，其等效慣性質量爲 $m=\frac{hf}{c^2}$

假設光子的重力質量即等於此慣性質量，則當光子自距星球中心爲 r 的位置，逃脫至無窮遠處時，將會損失一部分能量。由能量守恆定律知：

光子能量的變化 ($hf_i - hf_f$) = 光子重力位能的變化

式中 f_i =光子的起始頻率，f_f =光子的最後頻率。

$$hf_i - hf_f = -[(-\frac{GMm_i}{r})-(-\frac{GMm_f}{\infty})]\ ,\ hf_f = hf_i - \frac{GMm_i}{r}$$

$$hf_f = hf_i - \frac{GM(\frac{hf_i}{c^2})}{r}\ ,\ hf_f = hf_i(1-\frac{GM}{rc^2})\ ,\ \frac{f_f}{f_i} = 1-\frac{GM}{rc^2}$$

$$\frac{f_f - f_i}{f_i} = -\frac{GM}{rc^2}$$

若 $\Delta f \ll f$ ，即光子能量的變化很小，則上式可寫爲：$\frac{\Delta f}{f} = \frac{f_f - f_i}{f_i} = -\frac{GM}{rc^2}$

負號代表頻率減小，波長變長，即所謂重力紅位移。

若光子自星球表面上（ $r=R$ ）逃脫至無窮遠處，則 $\frac{\Delta f}{f} = -\frac{GM}{Rc^2}$

(b) 當一光子從 r_i 上升至 r_f 時，其能量的變化爲

$$hf_i - hf_f = -[(-\frac{GMm_i}{r_i})-(-\frac{GMm_f}{r_f})]$$

假設 $m_f \approx m_i = \frac{hf_i}{c^2}$ ，則上式可寫爲 $hf_i - hf_f \approx \frac{GM(hf_i)}{c^2}[\frac{1}{r_i}-\frac{1}{r_f}]$

$$\therefore \quad \frac{f_f}{f_i} \approx 1 - \frac{GM}{c^2}\left[\frac{1}{r_i} - \frac{1}{r_f}\right]$$

在本題中，R ＝星球的半徑，d ＝與星球表面之距離。

代入上式，得 $\dfrac{f_f}{f_i} \approx 1 - \dfrac{GM}{c^2}\left[\dfrac{1}{R} - \dfrac{1}{R+d}\right]$

由於從星球表面射出的光子，其頻率因重力紅位移的效應而變小，因此為了能使太空船測試室中的氦離子產生共振吸收，入射的光子頻率必須藉由都卜勒效應，從f_f回復至f_i。

假設太空船中的氦離子所接收的光子頻率為 f'，則由相對論都卜勒公式知：

$$\frac{f'}{f_f} = \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}} \approx 1 + \beta \qquad \because \quad \beta = \frac{v}{c} \ll 1$$

但為能產生共振吸收，f' 必須等於 f_i。即 $\dfrac{f_i}{f_f} \approx 1 + \beta \Rightarrow \dfrac{f_f}{f_i} \approx 1 - \beta$

代入前式，得 $\beta \approx \dfrac{GM}{c^2}\left[\dfrac{1}{R} - \dfrac{1}{R+d}\right] = \dfrac{GM}{c^2}\left[\dfrac{d}{(R+d)R}\right]$

$$\Rightarrow \frac{1}{\beta} \approx \left(\frac{Rc^2}{GM}\right)\left[\frac{R}{d} + 1\right]$$

由上式知，以$\dfrac{1}{\beta}$對$\dfrac{1}{d}$作圖可得一直線，此直線的各項參數如下：

斜率 $= \left(\dfrac{Rc^2}{GM}\right) R = \alpha R$ ……………………(A)

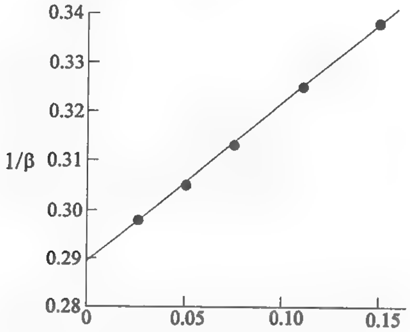
y 軸截距 $= \left(\dfrac{Rc^2}{GM}\right) = \alpha$ ……………………(B)

x 軸截距 $= -\dfrac{1}{R}$ ……………………(C)

由(A)和(B)兩式可解出 R 和 M，(C)式可做為核對之用。

利用題中所給的數據，可轉成下表，圖示如下：

$\frac{1}{\beta}$ (10^5)	0.2983	0.3050	0.3130	0.3250	0.3384
$\frac{1}{d}$ $(10^{-8} m^{-1})$	0.02571	0.05005	0.07508	0.111	0.150



由圖中讀出：

直線的斜率 $= 3.2\times 10^{12}\ m$

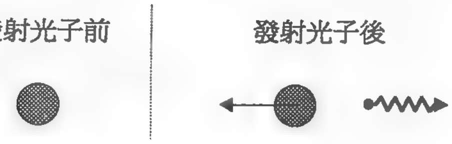
直線在 y 軸上的截距 $= 0.29\times 10^{5}$

$$\Rightarrow \frac{(A)}{(B)} = R = \frac{3.2\times 10^{12}}{0.29\times 10^{5}} = 1.1\times 10^{8} m$$

以之代入(B)式，得

$$M = \frac{Rc^2}{G\alpha} = \frac{(1.1\times 10^{8})\times(3.0\times 10^{8})^2}{(6.7\times 10^{-11})\times(0.29\times 10^{5})} = 5.1\times 10^{30}\ kg$$

(c)(i)



靜態質量	m_o	m_o'	o
動量	o	$\overrightarrow{p'}$	$\overrightarrow{p}$
能量	m_oc^2	$\sqrt{p'^2c^2+m_o'^2c^4}$	hf

光子的動量　$p = \frac{hf}{c}$

按動量守恆定律，$\overrightarrow{p'} + \overrightarrow{p} = 0$，即　$p' = p = \frac{hf}{c}$

由質量和能量的對等性知：

原子內能的變化＝原子靜態質量的變化，即　$\Delta E = (m_0 - m_0')c^2$

在實驗室座標系中，

發射光子前的原子系統的總能量　$E = m_0c^2$

發射光子後的原子系統的總能量　$E' = \sqrt{p'^2c^2 + m_0'^2c^4} + hf$

根據能量守恆定律，$E = E'$，即：

$$m_0c^2 = \sqrt{(hf/c)^2c^2 + m_0'^2c^4} + hf\ ,\ (m_0c^2 - hf)^2 = (hf)^2 + m_0'^2c^4$$

$$(m_0c^2)^2 - 2hfm_0c^2 = m_0'^2c^4$$

$$hf(2m_0c^2) = (m_0^2 - m_0'^2)c^4 = (m_0 - m_0')c^2(m_0 + m_0')c^2$$

$$= \Delta E[2m_0 - (m_0 - m_0')]c^2 = \Delta E[2m_0c^2 - \Delta E]$$

$$\Rightarrow\ hf = \Delta E\left[1 - \frac{\Delta E}{2m_0c^2}\right]$$

(ii)若不計原子的反衝，則所發射的光子能量為 $hf_0 = \Delta E$。

設 $\Delta f = f - f_0 \quad \Rightarrow \dfrac{\Delta f}{f} = -\dfrac{\Delta E}{2m_0c^2}$

假定氦離子的能階躍遷是從 $n = 2$ 至 $n = 1$，則根據波耳的原子模型，

$$\Delta E = 13.6\times(2)^2\times(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{2^2}) = 40.8\ eV$$

已知 $m_0c^2 = 4\times 938\,MeV = 3.752\times 10^9\ eV$

因原子反衝而引起的光子頻率位移為 $\dfrac{\Delta f}{f} = -5.44\times 10^{-9}$

此值比起重力紅位移（$\dfrac{\Delta f}{f}\approx -10^{-5}$），要小很多，因之可忽略不計。

評分標準：（本題總計20分）

(a) 1分 $m = \dfrac{hf}{c^2}$。

2分 由能量守恆得出 $\dfrac{\Delta f}{f}\approx -\dfrac{GM}{Rc^2}$。

(a)合計3分

(b) 1分 $hf_i - hf_f = -\dfrac{GMm_f}{r_f} + \dfrac{GMm_i}{r_i}$。

2分 由 $m_f \approx m_i = \dfrac{hf_i}{c^2}$ 導至 $hf_i - hf_f \approx \dfrac{GM(hf_i)}{c^2}[\dfrac{1}{r_i} - \dfrac{1}{r_f}]$。

3分 由都卜勒效應（相對論或古典）$\dfrac{f_i}{f_f}\approx 1+\beta$ 導至 $\beta\approx\dfrac{GM}{c^2}[\dfrac{1}{R}-\dfrac{1}{R+d}]$。

2分 寫出 $\dfrac{1}{\beta}\approx(\dfrac{Rc^2}{GM})[\dfrac{R}{d}+1]$ 或其它可正確以作圖解出 R 和 M 的數學式。

3分 認出 $1/\beta$ 對 $1/d$ 的直線關係，並寫出正確的斜率和截距。

1分 解出 R 和 M 的合理數值（除非偏差太大，否則不扣分）。

(b)合計12分

【註】：若參賽學生以 β 對 d 作圖，從關係曲線上取兩點座標（β_1, d_1）和（β_2, d_2），利用下兩式計算 R 和 M：

$$R=\frac{d_1d_2(\beta_2-\beta_1)}{\beta_1d_2-\beta_2d_1}\text{ , }\beta_1=\frac{GM}{c^2}\left(\frac{1}{R}-\frac{1}{R+d_1}\right)\text{ ,}$$

則(b)部分的得分最多為 10 分（比應用前法之最高分少 2 分）。

(c)(i)

1 分　光子能量 hf；光子動量 $\frac{hf}{c}$；原子內能變化 $\Delta E=(m_0-m_0')c^2$。

1 分　寫出相對論性能量—動量關係式。

1 分　寫出相對論性能量守恆式。

1 分　得出光子頻率位移的確實解：$\frac{\Delta f}{f}=\Delta E\left(1-\frac{\Delta E}{2mc^2}\right)$

(c)之(i)合計 4 分

【註】：若以古典物理方法求解，則所得為非確實解，(c)之(i)最多僅得 3 分。

(ii)

1 分　$\frac{\Delta f}{f}=-5.44\times10^{-9}$

(c)之(ii)合計 1 分

理論試題第二題：

(a)　考慮在聲波傳播軌跡上的某一極小長度的路徑 ds，可視做為半徑為 R 的一小段圓弧。（注意此半徑可為任一實數值）假定聲波起先從聲源 S 處往上射出，如圖 2-1 所示。

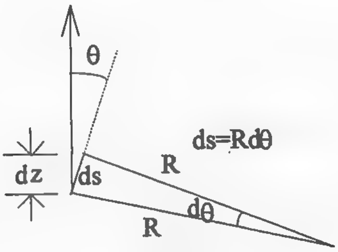


圖2-1

由司乃耳折射定律　$\frac{\sin\theta}{\sin\theta_0}=\frac{c}{c_0}$　(2-1)

得　$\cos\theta\ d\theta=\frac{\sin\theta_0}{c_0}dc$

當聲波往上傳播時，$c=c_0+bz\Rightarrow dc=bdz\Rightarrow\frac{\sin\theta_0}{c_0}bdz=\cos\theta\,d\theta$

因此　$dz=\frac{c_0}{\sin\theta_0}\frac{1}{b}\cos\theta\ d\theta$

由於 ds 極小，可當做爲一小線段，$dz = ds\ \cos\ \theta \Rightarrow ds = \frac{c_0}{\sin\ \theta_0}\frac{1}{b}d\theta$

$$\Rightarrow \frac{ds}{d\theta} = R = \frac{c_0}{\sin\ \theta_0}\frac{1}{b} \tag{2-2}$$

由於(2-1)式適用於任一折射角θ，亦即可應用在聲波軌跡上的任一點，因此所導出的(2-2)式可適用於聲波軌跡上的任一小段弧長。式中的R僅爲聲波起始射出角θ_0的函數。如果θ_0一定，則R爲一常數，亦即聲波的軌跡爲一半徑爲R的圓弧，直至聲波進入$z<0$的區域。

(b) 在前題中已證明聲波往上傳播的軌跡爲一圓弧，其半徑隨θ_0的減小而增加。當聲波可往上傳播至海洋表面處時，若其傳播方向與海平面平行，則聲波將不會反射回海水內部，此種情況所對應的θ_0爲最小角，如右圖所示。

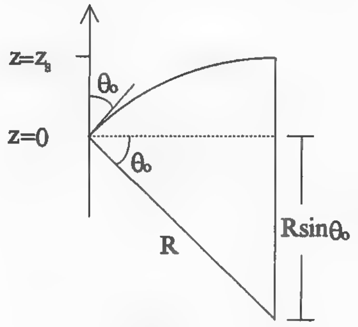


圖2-2

由圖 2-2 可看出　$z_s = R - R\ \sin\theta_0$

$$= R(1-\sin\theta_0) = \frac{c_0}{b\ \sin\ \theta_0}(1-\sin\ \theta_0)$$

$$\Rightarrow \theta_0 = \sin^{-1}\left[\frac{c_0}{b z_s + c_0}\right] \tag{2-3}$$

(c) 由(a)題中知道聲波的圓弧軌跡，其半徑R爲聲波起始射出角θ_0的函數。若$\theta_0 < \frac{\pi}{2}$，則聲波從聲源S傳至接收器H的路徑，有如下的可能情況：

(1) 如圖2-3所示的單一圓弧軌跡。

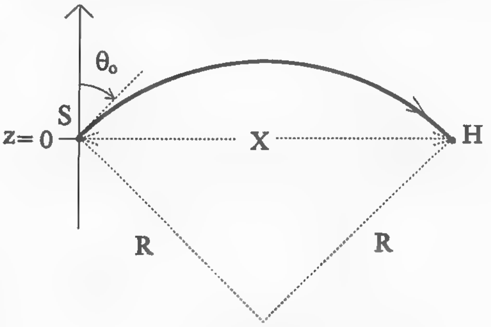


圖2-3

$$X = 2R\cos\theta_0 = \frac{2c_0}{b\sin\theta_0}\cos\theta_0$$

$$= \frac{2c_0}{b}\cot\ \theta_0$$

$$\Rightarrow \theta_0 = \cot^{-1}\frac{bX}{2c_0} \tag{2-4}$$

(2) 如圖 2-4 所示的雙圓弧軌跡。聲波的起始射出角 θ_0 較前一情況稍大，其圓弧半徑則變小。自 S 所發出的聲波未到達 H 以前，即從 $z>0$ 傳入 $z<0$ 的區域，其軌跡變成為倒轉的對稱圓弧。

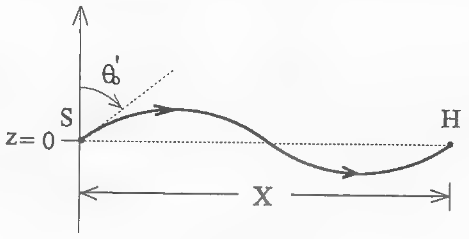


圖2-4

如同前一情況的推導，可得：$\dfrac{X}{2}=2R'\cos\theta_0=\dfrac{2c_0}{b}\cot\theta_0$

$$\Rightarrow\ \theta_0'=\cot^{-1}\frac{bX}{4c_0} \qquad (2\text{-}5)$$

一般而言，若 $\theta_0<\pi/2$，欲使自 S 處往上射出的聲波能夠到達 H，則其起始的射出角可自下式得出：

$$\theta_0=\cot^{-1}\left[\frac{bX}{2nc_0}\right]=\tan^{-1}\left[\frac{2nc_0}{bX}\right] \qquad (2\text{-}6)$$

式中 $n=1,2,3,4,\cdots\cdots$。

注意：當 $n=\infty$ 時，$\theta_0=\dfrac{\pi}{2}$，即聲波沿水平方向直線傳播。

(d) 就所給的數據，$X=10,000\,m$；$c_0=1,500\,m/s$；$b=0.02000\,s^{-1}$，利用 (2-6) 式可算出四個最小的起始射出角：

n	θ_0(°)
1	86.19
2	88.09
3	88.73
4	89.04

(e) 當聲波以(c)中之最小角射出時，其傳播軌跡為單一圓弧如圖 2-3 所示，現重畫於右圖：

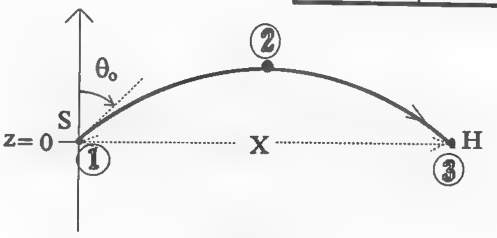


圖2-5

聲波從 S 傳至 H 所須的時間為：

$$t_{13}=\int_1^3 dt=\int_1^3\frac{ds}{c}$$

由於軌跡對稱，上式可寫為：$t_{13}=2t_{12}=2\displaystyle\int_1^2 dt=2\int_1^2\frac{ds}{c}=2\int_1^2\frac{Rd\theta}{c}$ (2-7)

由(1)和(2)兩式，得：$R=\dfrac{c_0}{b\sin\theta_0}=\dfrac{c}{b\sin\theta}$

以之代入 (2-7) 式，得：

$$t_{13}=\frac{2}{b}\int_{\theta_0}^{\pi/2}\frac{d\theta}{\sin\theta}=\frac{2}{b}\left[\ln\tan\left(\frac{\theta}{2}\right)\right]_{\theta_0}^{\pi/2}=-\frac{2}{b}\ln\tan\left(\frac{\theta_0}{2}\right) \qquad (2\text{-}8)$$

以(d)中之最小角 θ_0（$n=1$）$=86.19^\circ$ 代入(2-8)式，計算得：$t_{13}=6.6546\ s$

若 θ_0（$n=\infty$）$=\frac{\pi}{2}$，即聲波沿直線傳播，則：$t_{13}=\frac{X}{c_0}=6.6666\ s$

由上可知，沿單一圓弧傳播的聲波（即 $n=1$ 的模式），將比沿直線傳播的聲波（即 $n=\infty$ 的模式），早一點到達目的地。

評分標準：（本題總計20分）

(a) 6分，(b) 3分，(c) 4分，(d) 2分，(e) 5分

理論試題第三題：

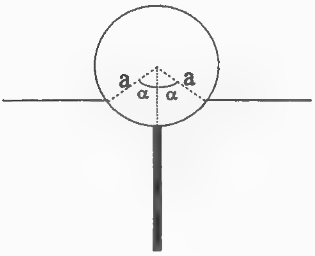


圖3-1

(a) 圓柱體的體積 $=\pi a^2 ld$。由於細桿的質量等於圓柱體的質量，所以浮體的總質量等於 $2M=2\pi a^2 ld$。由圖3-1可求得浮體所排開的海水體積：

$$V=\pi a^2 l\left(\frac{2\alpha}{2\pi}\right)-(a\sin\alpha)(a\cos\alpha)l=la^2\alpha-la^2\sin\alpha\cos\alpha$$

由浮力原理知浮體的重量等於其所受的浮力，即：

$$2\pi a^2 ldg=V\rho g\Rightarrow 2\pi a^2 ld=la^2\rho(\alpha-\sin\alpha\cos\alpha)$$

$$\Rightarrow\alpha-\sin\alpha\cos\alpha=\frac{2d\pi}{\rho} \qquad (3\text{-}1)$$

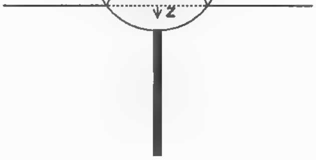


圖3-2

(b) 若將圓柱體自其平衡位置鉛直地下壓一小位移 z，則該浮體所受的恢復力等於所增加排開的海水重量，即 $\rho(2a\sin\alpha)lz$。題中假設水的動盪影響，使浮體的有效質量增加 $\frac{1}{3}$ 倍，因此浮體的運動方程式如下式：

$$\left(1+\frac{1}{3}\right)2M\ddot{z}=-2\rho glza\sin\alpha\Rightarrow\ddot{z}+\left(\frac{3\rho g\sin\alpha}{4\pi da}\right)z=0 \qquad (3\text{-}2)$$

(3-2)式為標準的簡諧運動方程式。浮體的振動角頻率為：

$$\omega_z=\sqrt{\frac{3\rho g\sin\alpha}{4\pi da}}=\sqrt{\frac{3g\sin\alpha}{2a(\alpha-\sin\alpha\cos\alpha)}} \qquad (3\text{-}3)$$

上式中之 ρ 值，已利用(3-1)式代入。

(c) 如圖3-3所示，O點為圓柱體的質心，P點為圓柱體和細桿的銜接點。由於細桿的質量和圓柱體的質量相同，且桿長等於圓柱體的直徑，所以P點亦為整個浮體的質心。浮體所受的重力和浮力如圖所示。題意假設浮體繞圓柱體的水平中心軸線擺動，因此可取O點作為參考座標系的原點。設 I_O 代表浮體對O點的轉動慣量，則浮體的轉動方程式可寫成下式：

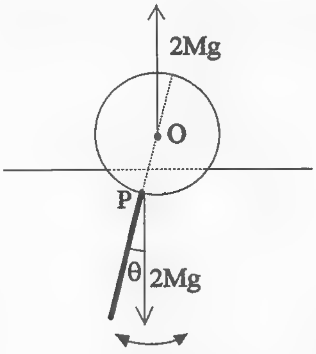


圖3-3

$$I_O\ddot{\theta}\approx-2Mga\,\theta\Rightarrow\ddot{\theta}+\left(\frac{2Mga}{I_O}\right)\theta\approx0$$

欲求浮體擺動的週期，必須先定出 I_O。今以 I_1 和 I_2 分別代表圓柱體和細桿對其個別質心的轉動慣量。

$$I_1=\frac{1}{2}Ma^2 \quad , \quad I_2=\int_{-a}^{a}x^2\left(\frac{M}{2a}\right)dx=\frac{1}{3}Ma^2$$

利用平行軸定理，可得細桿對O點的轉動慣量如下：

$$I_{2O}=\frac{1}{3}Ma^2+M(2a)^2=\frac{13}{3}Ma^2$$

因此可求得浮體對O點的轉動慣量為：

$$I_O=I_1+I_{2O}=\frac{1}{2}Ma^2+\frac{13}{3}Ma^2=\frac{29}{6}Ma^2$$

以之代入浮體的轉動方程式，可得： $\ddot{\theta}+\left(\frac{12g}{29a}\right)\theta\approx0$ (3-4)

此為標準的簡諧運動方程式。浮體的擺動角頻率為： $\omega_\theta=\sqrt{\frac{12g}{29a}}$ (3-5)

(d)由加速度計所測得的週期數據可得 $T_\theta/T_z\approx1.5$，即 $(\omega_z/\omega_\theta)^2\approx2.25$。將之

代入(3-3)和(3-5)，得：

$$2.25\approx\frac{3g\sin\alpha}{2a(\alpha-\sin\alpha\cos\alpha)}/\frac{12g}{29a}\Rightarrow\alpha-\sin\alpha\cos\alpha\approx1.61\sin\alpha \quad (3\text{-}6)$$

上式為超越函數，只能尋求近似的數值解。由於 1.61 約略等於$\frac{\pi}{2}=1.571$，所以

(3-6)的近似解可看出為 $\alpha\approx\frac{\pi}{2}$，即浮角約為 90°。以此 α 角代入(3-1)和(3-3)，可得： $\frac{4d}{\rho}\approx1$ ， $\omega_z\approx\sqrt{\frac{3g}{\pi a}}$

因為 $T_z\approx1s$ ，故： $1\approx(\frac{2\pi}{\omega_z})^2\approx\frac{4\pi^3 a}{3g}\Rightarrow a\approx\frac{3g}{4\pi^3}=0.237\ m$

題意假設圓柱體的長度等於 a ，因此浮體的總質量為：

$$2M=2\pi a^2 ld=2\pi a^2\cdot a\cdot\frac{\rho}{4}=\frac{\pi\rho a^3}{2}=\pi\times\frac{1000}{2}\times(0.237)^3\approx20.9\ kg$$

評分標準：(本題總計20分)

(a) 1分 寫出浮體總質量 $=2M=2\pi a^2 ld$ 。

1分 寫出 $V=la^2\alpha-la^2\sin\alpha\cos\alpha$ 。

1分 寫出 $\alpha-\sin\alpha\cos\alpha=\frac{2d\pi}{\rho}$ 。

(a)合計 3 分

(b) 1分 寫出浮體作垂直振動時所受的恢復力 $-2\rho glza\sin\alpha$ 。

2分 寫出 $\ddot{\theta}+(\frac{3\rho g\sin\alpha}{4\pi da})\theta\approx0$ 。

1分 寫出 $\omega_z=\sqrt{\frac{3g\sin\alpha}{2a(\alpha-\sin\alpha\cos\alpha)}}$ 。

(b)合計 4 分

(c) 1分 畫出浮體的受力圖。

2分 寫出 $I_1=\frac{1}{2}Ma^2$ 。

1分　寫出 $I_2=\frac{1}{3}Ma^2$ 。

1分　寫出 $I_{2O}=\frac{13}{3}Ma^2$ 。

1分　寫出 $I_O=\frac{29}{6}Ma^2$ 。

1分　寫出 $\ddot{\theta}+(\frac{12g}{29a})\theta\approx0$ 。

1分　寫出 $\omega_\theta=\sqrt{\frac{12g}{29a}}$。

(c)合計8分

(d)　1分　寫出 $(\omega_z/\omega_\theta)^2\approx2.25$ 。

1分　寫出 $\alpha-\sin\alpha\cos\alpha\approx1.61\sin\alpha$ 。

1分　寫出 $\alpha\approx\frac{\pi}{2}$。

1分　寫出 $a\approx0.237\ m$ 。

1分　寫出 $2M\approx20.9\ kg$ 。

(d)合計5分

(未完待續)

第27屆國際化學奧林匹亞競賽試題評析(II)

一理論筆試一

*黃良平 **陸大榮 +蕭次融 +張一知
*國立臺灣大學化學系
**國立中興大學化學系
+國立臺灣師範大學化學系

二、理論試題參考答案與給分標準

問題一(共18分)

1. (1.共7分)

(i) 化學反應式	(ii) $\Delta_r G_m^{\ominus}(298K)$ / $kJ \cdot mol^{-1}$
(a) $2CuCl_{(s)} + H_2O_{(l)} = Cu_2O_{(s)} + 2H^+_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)}$	69
(b) $Cu_2O_{(s)} + 1/2O_{2(g)} + H_2O_{(l)} + H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} = Cu_2(OH)_3Cl_{(s)}$	−824
或 $Cu_2O_{(s)} + 1/2O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + Cl^-_{(aq)} = Cu_2(OH)_3Cl_{(s)} + OH^-_{(aq)}$	−744
(c) $2CuCl_{(s)} + 1/2O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} = Cu_2(OH)_3Cl_{(s)} + H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$	

(i) 3分 (ii) 2分

(iii) 計算(稀HCl溶液可視為理想溶液) (iii) 2分

$$\Delta_r G_m(298K) = \Delta_r G_m^{\ominus}(298K) + 2RT\ln[(C_{H^+}/C_{H^+}^{\ominus})\cdot(C_{Cl^-}/C_{Cl^-}^{\ominus})]$$

$$= -22.3\ kJ\,mol^{-1} < 0$$

A. →

2. (i) 式子: $\ln\dfrac{k_c(T_2)}{k_c(T_1)} = \dfrac{E_a}{R}\left[\dfrac{1}{T_1} - \dfrac{1}{T_2}\right]$ (2.共5分)

$E_a = 34.2\ kJ \cdot mol^{-1}$ (i) 1分+1分

(ii) 全反應級數 = 0 (ii) 1分

(iii) $r = k_c\theta_{O_2} = \dfrac{k_c b_{O_2} P_{O_2}}{1 + b_{O_2} P_{O_2}}$; (iii) 2分

當 $b_{O_2}P_{O_2} << 1$, $r = k_c b_{O_2} P_{O_2}$, (一級反應)

當 $b_{O_2}P_{O_2} >> 1$, $r = k_c$, (零級反應)

3. (i) (c) $E > 0$ (3.共3分)

用於選擇3(c)的熱力學關係是

$$\Delta_r G_m = -nFE < 0 \quad \therefore \quad E > 0$$

(ii) 電池淨反應：

$$Cu_{(\alpha)} = Cu_{(\beta)}$$

4. $r = 1.30 \times 10^{-10}$ m (4.共3分)

式子：$a = 2\sqrt{2}\,r$

$$d = \frac{4(63.5\times0.75+65.4\times0.25)\times10^{-3}\ \text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}}{a^3 N_A}$$

$$= 8.51\times10^{3}\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

$$r = 1.30\times10^{-10}\text{m}$$

問題二(共20分)

1. A 1分

2. $(1.4\times10^{-3}\times0.01)\div[Cl^-] = 4.9\times10^{-2}$ mol · dm^{-3}

$[Cl^-] = 2.9\times10^{-4}$ mol · dm^{-3} 1分

過量 $[Cl^-] = 1.6\times10^{-2} - 2.9\times10^{-4}$

$\cong 1.6\times10^{-2}$ mol · dm^{-3}， 1分

B 2分

倘若選擇了Ag_2SO_4，則爲了要減低Cl^-的干擾，Ag^+離子至少

1.6×10^{-2} mol

$$\frac{1.4\times10^{-3}\,x_1}{(8.0\times10^{-3})^{1/2}} = 4.1\times10^{-5}\ ,\ x_1 = \frac{4.1\times10^{-5}\times8.9\times10^{-2}}{1.4\times10^{-3}} = 0.26\,\% \quad 1分$$

若選擇了$AgClO_4$

$$\frac{1.4\times10^{-3}\,x_2}{1.6\times10^{-2}} = 1.0\times10^{-3}\ ,\ x_2 = \frac{1.0\times10^{-3}\times1.6\times10^{-2}}{1.4\times10^{-3}} = 1.1\,\% \quad 1分$$

∴ 選擇Ag_2SO_4

在1 dm^{3}的試樣溶液中必須加8.0×10^{-3} Ag_2SO_4 1分

(2.共7分)

3. $\Delta E = E_2 - E_1 = 0.059 \lg \{(C_X V_X + C_S V_S)(C_X[V_X + V_S])\}$ 1分

$0.03 = 0.059 \lg [(25.00 C_X + 0.10) \div (26.00 \times C_X)]$ 1分

$C_X = 1.7 \times 10^{-3}$ mol・dm^{-3} 1分

（3.共3分）

4. pH＝4.4 1分

$(1.4 \times 10^{-3} \times x) \div 1.6 \times 10^{-2} = 2.7 \times 10^{-3}$ 2分

$x = 3.1\% > 1\%$ 1分

$(1.4 \times 10^{-3} \times 0.01) \div [CH_3COO^-] = 2.7 \times 10^{-3}$ 1分

$[CH_3COO^-] = 5.2 \times 10^{-3}$ mol・dm^{-3} 1分

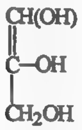
$1.6 \times 10^{-2} - 5.2 \times 10^{-3} = 1.08 \times 10^{-2}$ mol・dm^{-3} 1分

$\{[H^+] \times 5.2 \times 10^{-3}\} \div (1.08 \times 10^{-2}) = 2.2 \times 10^{-5}$ 1分

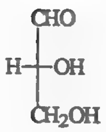
$[H^+] = 4.3 \times 10^{-5}$ mol・dm^{-3} 1分

pH＝4.4 （4.共9分）

問題三（共15分）

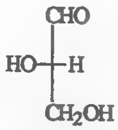
1. 

2分

2. 

D(+)

1分

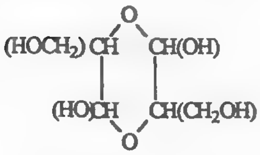


L(-)

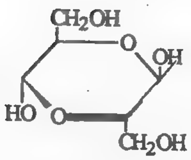
1分

結構對得 0.5 分　2分

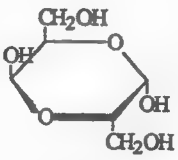
D(+)及 L(−)與結構式吻合再得 0.5 分

3. 

3分

4. 

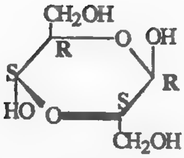
2分



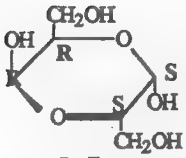
2分

結構式答對給 1 分　4分

Haworth 投影對再給 1 分

5. 

2分



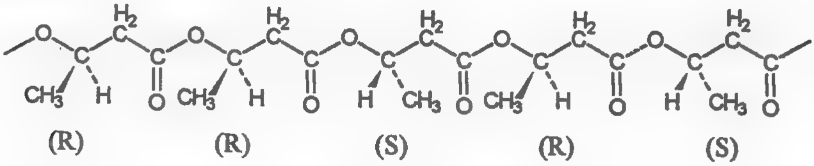
2分

結構式不對，但R，S-組態答對即可給分　　4分

※考試期間因無法找到“羥”字，故皆以“氫氧”代替。所以凡是當時翻成“氫氧基”的均應改爲“羥基”，同樣“酮基”應改爲“羰基”。

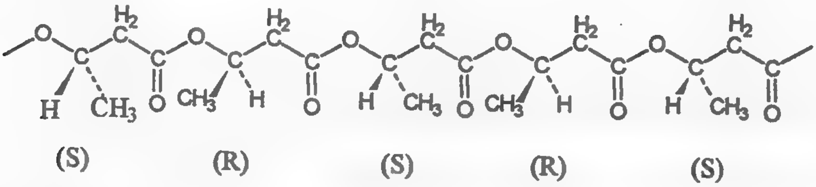
問題四（共16分）

1. 無規聚合PHB：　　4分

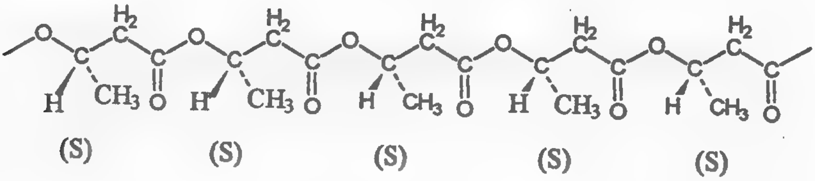


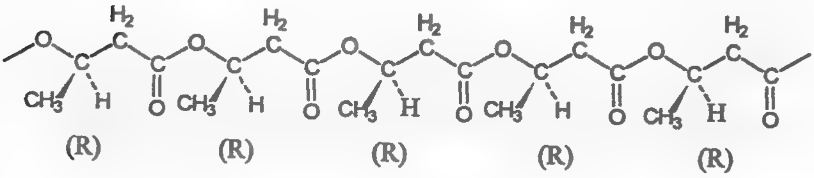
其他任何無規則性的R-及S-組態的排列方式均爲正確答案，例如：RSRRS，SRSSR，SSRRR等等。

交替聚合PHB：



等向聚合PHBs：





┌── 聚合物類型答對，每題0.5分

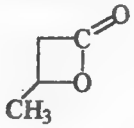
0.5X4 + 0.5X4 = 4 分

(ref. Preparatory Problem 52)

↑ R，S-組態答對，每題給0.5分

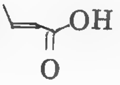
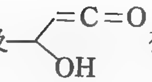
2. 單體1　　　　　　　　　　　單體2　　　　　　　　　　4分

$CH_3COOCHCH_2COOH$（CH 上接 CH_3）



（每一個單體答對得2分）

(Ref. Preparatory Problem 52)

附註：我國代表隊的答案  及  在向大會說明後給1.5分。

2分

3. 每一個步驟對得1分。　　　　　　　　　　　　　　4分

$CH_3COO^- \longrightarrow CH_3-CO-SCoA \longrightarrow CH_3-CO-CH_2CO-SCoA$

$\longrightarrow HO-CH(CH_3)-CH_2CO-SCoA \longrightarrow -[O-CH(CH_3)CH_2CO]_n-$

4. 　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　4分

$CH_3CH_2CH_2COO^- \longrightarrow CH_3CH_2CH_2CO-S-CoA \longrightarrow CH_3CO-S-CoA$

$\longrightarrow CH_3COCH_2CO-S-CoA \longrightarrow CH_3CH(OH)CH_2CO-S-CoA$　（單體A）

$CH_3CO-S-CoA + CH_3CH_2CH_2CO-S-CoA \longrightarrow$

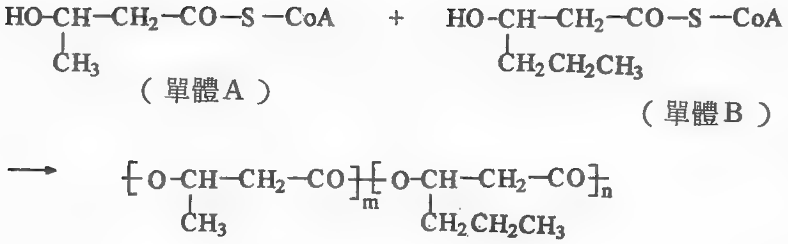
$CH_3CH_2CH_2COCH_2CO-S-CoA \longrightarrow CH_3CH_2CH_2CH(OH)CH_2CO-S-CoA$　（單體B）

↑ 輔酶A活化之3-羥基戊酸單體

此單體亦可以下列方式表示：

$HO-CH(CH_2CH_2CH_3)-CH_2-CO-S-CoA$

以上兩個單體（單體A及單體B）共同聚合即會生成最後之共聚物：



(Ref. Preparatory Problem 52 and 55)

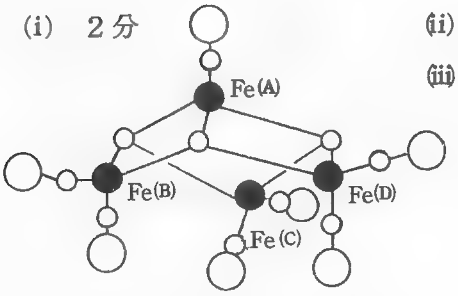
問題五（共 18 分）

1. NO的LUMO爲 π^* ，它的電子自旋爲 ↑ 或 ↓ 。
   HOMO爲 π^* 。　　1＋1＋1＝3分

2. B　　1分

3. B　　2分

4. (i) 2分

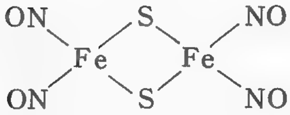


(ii) 0.5分×4　Fe(A)＋1，Fe(B)－1，－1，－1

(iii) 0.5分×4　Fe(A)：d^7，Fe(B)＝Fe(C)＝Fe(D)＝d^9

4.(i) 2分(ii)共2分(iii)共2分

5. (i)　　2分

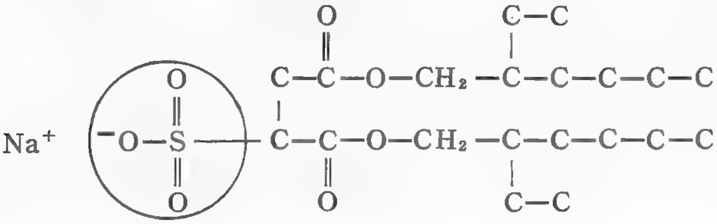


(ii) Fe（－1），Fe（－1）　　1＋1＝2分

(iii) A；n＝0　　1＋1＝2分

問題六（共 14 分）

1. (i) AOT的分子結構，（親水端1分，疏水端1分）



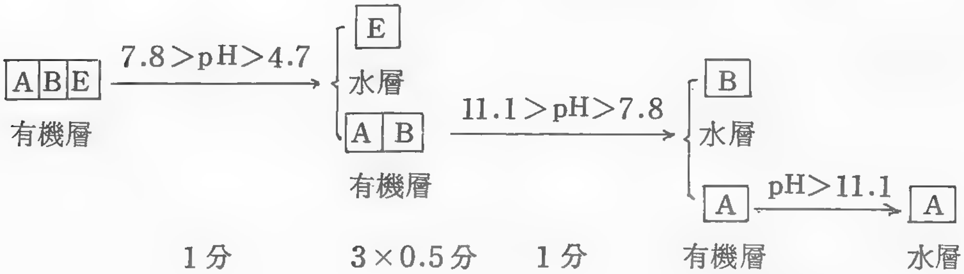
(ii) B 1分

2. (i) (ii) H_2O , Na^+

1分 1分

3. A , B , E 1+1+1=3分

4. 在下圖中的空格內，填入蛋白質的代號，再在箭頭上方標明分離條件。



1分 3×0.5分 1分

2×0.5分 1分 0.5分

共6分

三、試題評析

第一題 本題第一部份及第二部份主要是以銅生鏽的反應為主幹，在題目中首先假設兩種可能的化學反應途徑，一為氧化亞銅（ Cu_2O ）的氧化(A)，另為氯化亞銅（ CuCl ）的氧化(B)。第一部份計算反應路徑(A)的吉布士自由能，並利用熱力學中，自由能與平衡常數的關係來分析此反應路徑在某一條件下自發形成的方向。第二部份則以動力學的問題為主，先利用阿瑞尼士方程式，由不同溫度下的速率常數，計算反應路徑(B)的活化能，再由反應機構的推測，決定出反應級數和反應速率式；其中本部份較難的地方，在於機構中包括氧分子吸附在氯化亞銅表面的反應，並且它是反應路徑(B)的速率決定步驟，即反應速率和吸附覆蓋率成正比（在單層吸附的假設下利用蘭牟而覆蓋等溫式可得吸附覆蓋率）；求得速率式後再進一步決定於何種特殊條件下可化簡成一級或零級反應。第三部份使用熱力學中兩銅片亂度不同的關係（因為經鎚打後的銅片，

其整齊的晶格排被破壞，會有較大的亂度），使得電子會由亂度較小的銅片轉移到亂度較大的銅片上，因而產生電動勢。最後一個部份則是單純由晶格排列的情形和密度，求出晶格中各種原子的平均半徑。

綜觀全題以銅的相關物理化學問題串接，包括熱力學、動力學、電化學及結晶學，游走過各個基本的物化知識，使參試者對物理化學的觀念有更結實的連接。

本題與下列預備題有關 2,5,38-47。

第二題　本題屬於分析化學，以要掌握乳漿的品質為主題，使用離子選擇電極來監視乳漿中的NO_3^-離子濃度，問題很實際而活潑，只可惜我們的學生對此題相當陌生，得分率不高，平均只有 48.75 %，在題內配分 20 分中，只有一位學生得 15 分，其餘三位均只得 8 分，在理論筆試六大題中得分率最低的一題。 試題內容與選擇電極、選擇係數、校準曲線、干擾離子、離子濃度、pH值、誤差等，在預備題的 21-32 題與本題有關。

第三題　主要是考學生對立體化學的瞭解，題目屬中等難度，而與預備題中的 11-20 題有關，因此在訓練時亦教過類似題型的題目。我國代表隊在此題目上的表現欠佳（見下表得分細目），其原因在於：

(1) 學生對二聚體的結構推斷錯誤（葉國良、林奇旺）導致爾後的小題丟分。

(2) 學生對立體觀念仍未能徹底瞭解以至於未能畫出具對稱中心的兩個結構。

試題＼學生	第三題					第四題			
	2分	2分	3分	4分	4分	4分	4分	4分	4分
銀 (2)	2	2	1	4	4	4	3.5	3	3
銀 (1)	2	2	3	2	1	4	3.5	4	2
銅	2	2	0	2	0	4	2	4	0
銀 (3)	2	2	3	2	3	4	2	4	1

第四題　屬高分子及生化兩者合併之題目，屬高難度之題目，與預備題中的下列問題有關：33-36，52,54與55。

(1) 學生丟分主要在生化的部份，此部份爾後應再加強。

(2) 學生之推理能力亦應再多加訓練方能應付此種需由照結果依邏輯來判斷反

應過程(反應機構)的題目。

第五題　是一題結合無機和生化的題目，雖然題目中有許多和生化有關的反應和用途，但基本上的作答只需要無機方面的知識，我們的學生此題目答的並不好，主要是在於對Fe-S化合物中的鐵的氧化數不會計算，所以失掉了此大題中的6分，而此大題四位選手的成績都差不多，除了鐵的氧化數，其餘的問題幾乎都全對，本題以高中生所學的化學而言是屬於難度較高的題目＊，在預備題中與本題有關的問題是3，4，8，9，56與57題。

第六題　又是一題和生化有關的題目，與預備題中的第10與48題有關，但此題是和微胞在分離上的運用結合而出的，我們的學生此題都回答得非常好，吳同學在此題上得到滿分，是在4位選手中唯一的一位在這一大題中得到滿分。此題主要是考蛋白質的PI值的運用，在中性時可被微胞萃取到有機層中再調整pH值使蛋白質帶電，而回到水層。

★

＊但若選手們知道Fe-S化合物中的S為-2價的話，再不慌亂，慢慢推測，應該也可以得到正確答案，可能是因為試題較長，選手們心裡壓力太大，所以反而表現失常。

主編的話

彭育才

自本期起遵照本刊指委會之建議，將底封面之中文目錄改為英文。既可避免重複，又可增強服務讀者。再者，自本期起凡學術研究及原創性論文，均印註收稿日期及中英文摘要，本期選載林陳涌教授有關自然科實驗教學之探討一文，內容精闢，不可不讀。科學教室為本刊尚待加強之園地，原選定食品添加劑、犀牛、地科教育等三篇，因篇幅所限。食品添加劑延至下期刊出為憾。本期有關評量及國際數理科奧賽，雖均為上期之續文，但內容皆為教師最感興趣部分。物理疑難問題討論，沈教授答復簡明，達解惑之功。最後為本刊指委會會議紀錄，可看出本刊未來之導向，本擬在九月號刊出，皆因稿擠稽延至今，方與讀者見面。

★

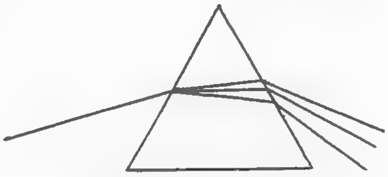
物理科疑難問題解答

沈青嵩
國立臺灣師範大學物理系

任教於國民中學的黃妙英老師提出下列問題：

1. 為何三稜鏡的分光效果好？
2. 為何空氣柱短，f 大？
3. 陽光經葉縫後是圓形光斑，而灯炮光經 key 孔射出後是 key 孔的光影，為什麼？
4. 反射波與入射波的 λ . f . v 均不變，為什麼聲波在 17 m 以上的回聲易造成重疊干擾?
5. 密閉真空內若不受任何輻射，它的溫度是多少？
6. 虹為何是圓形？

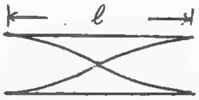
答：1. 三稜鏡分光的效果是藉助於司乃耳定律；即當光通過界面時，會有偏折的效果;而不同色光的偏折角度不同，故可以解析出來。此外，由於三稜鏡的設計，可使光線在其中產生兩次折射，分光效果更好。

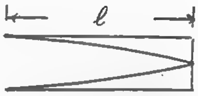


2. 聲速 v 與聲的波長 λ，頻率 f 有如下關係：

$$v = f\lambda$$

今因 v 為定值，故 f 反比於 λ。又空氣柱在閉口端，阻尼最大，形成波節；而在開口端，阻尼最小，必成波腹，如圖所示：





因而管子愈長，可允許的波長愈長， f 愈小。今以數學式表示如下：設管長為 ℓ，則：

(1) 開管 $\ell = \frac{\lambda}{2} \cdot n \quad \therefore \quad \lambda = \frac{2\ell}{n} \Rightarrow f_n = \frac{v}{\lambda} = \frac{nv}{2\ell} \quad n = 1, 2, 3 \cdots\cdots$

(2) 閉管　$\ell=\frac{\lambda}{4}n$　$\therefore$　$\lambda=\frac{4\ell}{n}\Rightarrow f_m=\frac{v}{\lambda}=\frac{nv}{4\ell}$　$n=1,2,3\cdots\cdots$

今因 v 爲固定，故 f 與 ℓ 成反比。

3. 陽光經過樹葉層層的遮蔽，可視爲通過一個個的針孔，因而成像就是圓圓的太陽的像。而鑰匙孔則較大，不能視爲針孔，經光線通過後，形成孔狀的影。

4. 聲音經障礙物阻擋會反射回來。當聲音在不很短的時間通過音源和反射點時，便可清楚聽見回音；若反射點很近，則耳朵就分辨不出回聲與自己發出的聲音。所以在密閉小房間中唱歌，聲波經過重重反射，聽到的聲音就會比較柔和，彷彿自己是歌唱家一般。

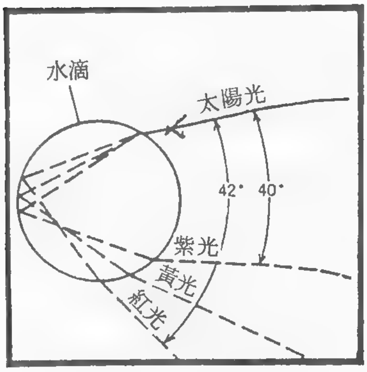
室溫下音速約爲340m/s，障礙物若在17公尺處，則回聲約1/10秒到達我們耳朵，是否可分辨出回聲，端視我們耳朵的鑑別度如何。

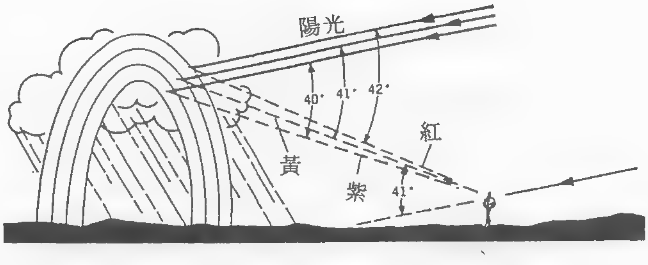
5. 任何物體都帶有與它本身溫度T成四次方正比的輻射，即輻射強度R

$$R=\sigma T^4$$

當系統溫度較環境高時，輻射而出的熱較多，系統溫度就會下降；反之溫度上升。當系統與環境等溫時，輻射出的熱量與流入的熱量相等，會達到動態平衡。事實上，現在實驗室中可達的超高眞空中，壓力約爲 10^{-10} torr，其中仍有殘存約每立方公分 3×10^7 個的氣體分子；當熱平衡時，眞空內會與器壁等溫。

6. 光被水珠折射與一次全反射後成虹。因爲光源爲太陽，可視爲一平行光源，而光接收器爲眼睛，可視爲一點。以下圖爲例，以通過眼睛的太陽光爲軸，通過水珠的光與此軸要成約 41° 左右，畫出來的是一個圓錐，故眼睛看到的虹是圓的。





★

科教月刊編輯指導委員會會議紀錄

編輯室

一、時　　間：民國八十四年六月廿三日（星期五）下午二時十分

二、地　　點：國立臺灣師範大學科學教育中心五樓會議廳

三、出（列）席人員：

指導委員：吳科長瑞謀、林委員來發、施院長河、許小姐淑化、陳科長明印
楊教授冠政、趙教授金祁、簡教務長茂發

本　　校：張主任允康、林組長美麗、蔡組長素枝、魏主任明通、楊秘書榮祥
彭教授育才、洪組長有情、何組長嘉仁、張小姐麗莉、黃小姐珮瑜

四、主　　席：呂校長溪木　　　　　記　錄：陳洋珍

五、主席致詞：

非常感謝各位在這麼熱天及會計年度快結束、大家都很忙時，撥冗出席指導委員會。科教月刊出刊將近20年，經過月刊創始人楊冠政教授，後來又經過趙金祁教授與魏主任策畫經營到現在，可以說發行量頗廣，深受讀者歡迎的刊物，其內容有理論的、也有教學實務……等各方面，所以在中學裏提供老師學生來參考是非常受到肯定。比較早期很多人有機會到中學去訪視，得悉學校老師都認為科教月刊對於教學及新知的傳播非常有益。刊物之所以經過這麼長久流通及受肯定，我想我們教育部、廳、局不斷的支持及指導是很重要的原因，因為這經費必須每年由部、廳、局來支援。另外也是我們指導委員的指導才使刊物能有今天。我特別代表學校來感謝各位。我發現過去很多委員的意見，都非常快速的反應在月刊編輯裡面，使整個刊物在編輯及各方面都很進步，是彭教授花了很大的心血，還有中心同仁努力經營的結果。一份刊物要經營到稿件不缺事實上是不太容易，所以我們希望讓它繼續發展，特別希望各位委員能夠提供寶貴意見。

魏主任明通：

今天請校長主持科學教育月刊指導委員會議，每年在學期結束時，我們會把科教月刊裝訂成合訂本後，即送請指導委員審閱並召開編輯指導委員會議，請各

位委員對於本刊之回顧與前瞻多多賜教以便遵循。

六、長官致詞：

★林參事來發：

有機會拜讀科教月刊提供給我們的一些科學新知，使我們對科學教育接觸比較少的人可以透過各位專家提供的高見、或智慧或研究成果讓我們也建立起對科學教育整體的了解及看法，甚至從文章裡可以讀到未來前瞻性的方向，這點我們非常感謝，所以我對這刊物本身非常有興趣，經常收到月刊時，再怎麼忙我都會花時間就其中看得懂的部份來作參考。我也經常聽到中學的教師提起這科教月刊對他們教學有很大的幫助。雖然這是以中學老師為主的刊物，但是在小學裡，有部份自然科老師也能夠利用它，各位努力事實已發揮了很大的功效。這點我向各位表示敬意。其次最近幾期比較傾向資賦優異這方面的問題，如介紹我國參加奧林匹亞競賽方面，其實不論是自然科或社會科甚至語文學科的中學老師他們都有必要了解這樣的一個趨勢。不過這樣的趨勢在學術上我看到的報導是好像在中國大陸和美國都引起一種爭議或討論，甚至大陸已把小學資優班取消了。在這方面希望有人能關心去追踪原因，並在文章裡加以說明，給予讀者一點參考，這是我小小的建議。

★教育廳許科員淑化：

主席各位長官，因為廳長和科長都有事，由本人代表來出席這個會議，我個人是在2科第3股服務，承蒙各位的支持我們在科學教育方面也都一直努力在推動。廳裡每年也都在支援科教月刊這個工作，也非常感謝師大各位前輩對科學教育月刊的用心，使台灣省教育界也能夠拜讀到這些最前進的知識。現在個人想說的是有關科學展覽與科學教育之間如何能搭配這方面，好讓被選上代表參加國際科展的高三學生返國後能有被推薦甄選保送升學的管道，以免除學生因為一年前被選上後就一直努力從事科展方面的實驗，因此在學業成績上無法面面俱到，這帶給他們很大困惑，以致對升學產生很大的壓力。

★呂校長溪木：

謝謝許小姐，關於科展優勝的學生如何在研習營甄試的時候，比較有機會來升學這方面，基本上這是關於升學的問題，正好這個活動也是科教中心在辦理，等一下請魏主任說明一下。

七、報告事項：

★魏主任明通：

科教中心承辦科學教育月刊已經有19年，在民國65年9月發行創刊號至今快20年，其中有二年是雙月刊，但很快就恢復到單月刊，每年從九月到次年6月爲止共發行10期，暑假期間七、八月停刊。今年剛好到181期。很高興從民國 80 年開始請到彭育才教授來擔任總主編之後，就積極的把月刊不論在內容或編排上及其他方面的安排都有很好的調整。中心在每月都會召開月刊編輯會議來討論每期應選登的文章。然後會在月底前把月刊印出來，使月刊不會脫期，讓讀者約在每月5日左右就會收到。同時在年度結束時完成200本合訂本，分送給教育部、廳、局長官及指導委員，或對科教月刊有特別貢獻的人。到181期爲止我這發行人的工作就告一個段落，從182期開始將由新的中心主任來接這個工作。很謝謝各位的愛護，以及感謝部、廳、局多年來對科教月刊的支援，尤其教育廳是最大的客戶，每年的支援約佔月刊經費的百分之七十，其餘百分之三十是由教育部及台北市、高雄市教育局來支援。

現在我們請彭教授來談一談，彭教授花了二年時間，編製完成科教月刊從第1期到181期所刊文獻之分類索引及作者索引兩種。這工作很辛苦，但是彭教授還是將它完成了。原來打算今天可以印出這本索引，但最近印刷廠也在趕印其他報告，所以趕不及，只有把樣本拿來，待書印出來後再送呈各位審閱。

★彭總主編育才：

主席、各位委員、各位女士先生，育才代表編輯室報告，如有欠周之處，尚請各位編輯補充之：

(一) 上次（83年6月23日）指導委員與顧問間聯席會議中除讚譽之處不予贅述外，其重要指示甚多（載本刊第172期），本室能力所及者，均進行改進，惟有兩點爲需待說明者：

1. 定位問題：亦即編輯政策、關係內容及水準，本刊因稿源頗豐，故能主動制定之，使確實符合本刊四項旨趣，本年度主要原則爲科教理論仍維持20％，評量增加，奧林匹亞競賽漸減，中學教師作品增加、注意本土化教材。
2. 教師園地：爲預籌教師園地，特於83年9月第173期，刊登啓事、列舉項目、請教師多賜稿件，但效果不彰，現本室擬先編製索引，請讀者先行參閱獲知本刊全貌，再作問卷調查，若設立教師專欄以何類資料爲宜，再計畫編輯之。

(二)　編製文獻索引：本刊自民國65年9月28日創刊，迄84年6月計出版181期，共登載長短文獻二千一百餘篇。在每年度之末（六月份），皆製作該年度合訂本二百册，以典藏單位及有關人員爲發行對象；在合訂本之首，編有該年度文獻之分類總目錄，以供查閱。惟發行量較少，且歷年累積已有十九巨册，查閱漸感不便。爲此，本刊編輯同仁，特爲編製文獻「分類索引」與「作者索引」等二種，以供讀者參考。

完成索引編製後，發現本刊登載之二千餘篇文獻，雖有繁簡或深淺之別，但就科學教育之理論與實務而分類，可謂各類資料，均累積甚豐，不僅可供學術研究與教學之參考，並可理出近卅年來世界科學教育之思潮與演變，以及我國推行科學教育之進步歷程與成果指標。凡我研究科學教育者僅參考本刊文獻，即可撰寫一部完整的科學教育「學」了。另者，自作者索引中，發現我國科學教育界有許多眞正專家：例如，某些學者對於已開發國家之科學教育之演變了解最多；換言之，對於科學教育思潮理解深刻；某些學者對於科學教育之哲學最有研究；某些學者對於教學法有獨到之處；某些學者長於測驗學；某些學者專攻評量；某些學者對於資優教育有實務經驗；某些學者對電腦輔助教學有專門研究；某些學者對實驗設計甚有心得；某些學者對科學教育行政有特殊貢獻；諸此種種，不勝列舉。總之，我國科學教育界眞是人才濟濟。

數年來，本刊所有進步或成就，皆由於各指導委員不吝指教、作者與讀者之支持鼓勵、發行人之督導、以及編輯室同仁之努力，有以致之，惟需待改進之處仍多，當請各位指導委員多多賜教爲感。

★呂校長溪木：

非常謝謝彭教授，這本索引確實非常有意義，將來把它輸入網路的資料庫裡，本校分部和本部的圖書館都有學術網路，可以把它連起來，使用的人比較方便，這絕對是很有參考的價值。

八、編輯指導委員指示指導意見：

★楊教授冠政：

校長、各位委員，我首先要感佩魏主任這15年來有始有終把科教中心辦得有聲有色，使科教月刊能每期如期出版，這是很不容易。在民國六、七十年代科學教育在學術上尚未受重視，專攻科教的人不多，那時候科教處公費獎助出國進修，沒有科學教育項目。在座的趙教授當時是自費出國進修。所以那時候要出版科學教育

月刋是相當困難，每次都有所謂巧婦難爲無米之炊，月刋沒有稿子是很困擾的，這是很窘的事。這15 年來魏主任在月刋上都有很密切的接觸，每一期都是理論與實務並重，在實務方面，完全配合當前政府所推動的科學教育活動。是提供中學老師教學的好資料。目前在新課程標準公佈後，希望月刋也能給中學教師在新課程標準方面之精神內涵、實施方法、預期功能等等多作闡述，因爲全國有10 幾萬中小學老師他們想了解新的課程很難，要召開會議來研討更難，對國家來說新課程標準是一件大事，所以未來一、二年，我們科教月刊應在這方面多作一些貢獻。謝謝！

★趙教授金祁：

各位先生、女士，今天參加這個會，自己感覺很慚愧，上有愧於楊教授，下有愧於魏先生，因爲他們一位是創業、一位是守成與開發，是非居値得欽佩，更重要的是有總編輯彭教授。

我認爲目前科學教育很重要，“科教”嚴格講起來是科學的發揚光大。現在講究的兩岸關係及大陸同業問題很重要，倒使我想起一個問題，民國34 年我們政府也喊過科學這方面的口號。而他們喊的是科學救國。我們回顧一下吳大猷、楊振寧、李政道先生他們年輕時也很強調科學救國。但前兩天大陸上草根性很重的這個政權，舉行科技會議時也喊出口號，使我感觸良多的是他們不叫科學救國，而是科教興國，對於他們進步的想法很値得我們討論一下。科學與科教不同的是科學總是強調科學無意保障一個國家或民族千年萬代的發展，我的理論是不僅現在如此將來也是，過去我們已經把今天的環境汚染……等等造成。談到這裡，我就感覺到科學教育月刋遠比其他科學刋物重要，爲什麼？今天我們科學發展的很好，然後回過頭來人家說我們教育不好，教育要改革，所以才成立一個教育改革委員會。所以科教才是一個基本教育，科教月刊在長遠的打算上比那純粹科學方面的刋物有它的意義存在。很希望將來教育部、廳、局也能重視科教長遠性的研究發展。我把自己的感受說出來向校長及在座的長官討教，請多指教，謝謝。

★簡教務長茂發：

每期的科教月刋都是我必看的刋物，同時在月刋裡如評量部份，還有國際數理科奧林匹亞試題……等等都可以提供我教學上最新的一部份資料。因爲在教“教育心理評量”課時我必須提供最新的資料，以免學生說我趕不上時代潮流。我個人覺得科教月刋可能是本校出版普及性最廣的刋物，據我了解它應該是以實用性爲主，介於通俗與學術性之間，也有探討一些基本原理的部份，其可讀性相當高。我個人

有點建議，希望科教月刋能依文章的性質分門別類，把它作一些整編成為精編的單行本。如把評量部份貫串起來成一本書可當作教學的補充教材。又月刋的部份文獻水準頗高，建議將底封面之目錄，可譯為英文，以引起國際上注意。

★施院長河：

我想雜誌能編到往盡善盡美的方向走，實在不是很容易，我們可以看出來科教月刋從整個規格上的統一化且能作到連圖表、封面都考慮得非常週到，主編彭教授花了很多的心血，還有好多委員的貢獻是有目共覩，是可喜的事。

在這裡我要講兩件事：第一件科教月刋裡有專家及老師的發表園地，希望也能有讓學生發表心聲的園地。如在科教活動的報導方面，也可以對參加科學活動特別傑出的學生及指導老師作探訪，把他們的話反應出來。當然我們要去拜訪這些同學可能很難。第二件，目前月刋報導的都是與我國直接有關的國際活動，希望也能取得其他國際上的科教活動並加以報導。在資料上我作這麼兩點意見。

★許科員淑化：

校長、各位先進大家好，我要講的是有關實驗室廢棄物如何處理的問題。每當我們到中學訪視時，學校老師都會提出這方面的問題，所以我希望在科教月刋裡能提供有關的處理方法。還有在新課程標準還沒有推出前，但已經相當確定時，在月刋上也能報導有關新課程方面的事，讓老師們能取得先機，早日了解它。

★魏主任明通：

謝謝各位寶貴的意見。林參事所提有關大陸取消資優班這方面的事，在過去叫重點小學，他們已把它取消，但是他們在其他資優方面還是作的很多，有關這些情況，從下期本刋開始我會陸續的刋出報告。其實他們對資優比我們更走火入魔，我們月刋最近幾年對資優及數理科奧林匹亞的報導比較多，但是大陸做的比我們更多，在中學裡就設有奧林匹亞的準備學校。

許小姐所提的參加國際科展的同學沒有升學管道這方面，事實上被選上參加國際科展的學生可以由科學教育館推薦參加四月所舉辦的資優研習營，通過研習營就可以保送甄試，經甄選通過就不用參加大學聯考。但是只有基礎科學科才可以保送。另外在新課程標準方面，月刋在下一期開始會盡量來報導新課程的優點及新舊課程的不同點。

簡教務長的有關抽印單行本方面，目前中心已有好幾本有關評量的單行本，同時在實驗室廢棄物處理方面，也已出了一本很厚的書（處理方法），所以在月刋上

不再刋出，該書版權公開，希望教育廳出資印發給各級學校參考。至於科教理論及其他月刋上的文章目前已有20本以上的單行本出版。我們已送給需要的學校或機關。

施院長所提「訪問報導參加特別科教活動學生的心聲」，我們會移交給下一任的主任來考慮。不過月刋目前讀者的對象不是學生，而是大學院校從事科教研究或推廣者之外，重點在中學的在職老師，因爲層次不同所以沒有推廣到學生。至於將來如何，等下一次指導委員會時再討論。

我們很感謝投稿者，到181期爲止稿件還頗有剩餘，雖然每次開編輯會討論時，也將一些不適的稿件退回或請作者再修改。這也是月刋幾年來受肯定及大家不斷給予支持的原因，謝謝各位。

九、主席結論：

謝謝各位的指教，希望科學教育月刋無論如何能繼續發展下去。

★

（上承第21頁）

4. 行政院農業委員會（民78版）：野生動物保育法規彙編，P. 30，行政院農委會。
5. 周復聰，羅清渭（民58版）：博物名詞辭典，P. 202，五洲出版社。
6. J. 卡爾斯（民68版）：彩色趣味叢書——動物，P. 25，東方出版社。
7. 辭海編委會（民69版）：辭海最新增訂本，P. 3084，臺灣中華書局。
8. 信任地球生態保護組織（民83版）：犀牛的世界將因您而改變摺頁，PP. 1-8，維他露基金會。
9. 李時珍（民77版）：新校增訂本草綱目，P. 1548，台北隆泉書局。
10. Goodwin, George G. (1972). Rhinoceros, "Collier's Encyclopedia" Vol. 20, PP. 37-39.
11. McClung, Robert M. (1968). Rhinoceroses, "The New Book of Knowledge" Vol. 16, P. 211.

★

統 一 編 號
006388830130

CONTENTS

Article

The Role of Experiments in the Scientific Enterprise and Science Education ....Chen-Yung Lin 2

Scientific Classroom

The Rhinoceros....................................Peter Fu-Yang Wang 17

The Better Linderstanlng of Earth Science, You are More Interested in Earth Scinece......................Fang-Nan Hwang 22

Evaluation

What We Learn about Our Grade 5 Students' Ability to Present Data in Graphic Form from MSPAP Test Results .... Mei-Hseuh Cheng, Chang-Shi Hwang, Wanchu Huang and Lin-Lin Chu 25

International Mathematic and Science Olympiad

Solutions with Comments to Problems of 36th International Mathematical Olympiad(I)...... ....Jau-D Chen, Jer-Shyong Lin, Jing Yu, Shian Leou, Liang-Ju Chu and Yu-Ching Hung 35

Solutions to Problems of 1995 XXVI International Physics Olympiad(I)..Ming-Juey Lin 45

The 27th International Chemistry Olympiad Problems Analyses (II) : Theoretical Problems.................................... Lian-Pin Hwang, Ta-Jung Lu, George Tsu-Rong Shiau and I-Jy Chang 56

Reply

Some Questions in Physics.........................Ching-Song Shern 65

News

Records of the meeting of Science Education Monthly Steering Committee...Editor 67